

Inhaltsverzeichnis

Bitte klicken Sie

Erfolg in der SiC-Kristallzüchtung	1	Zuviel Nährstoffe, zu wenig Heilerfolg	10
<i>Im IKZ wurde ein defektarmer Siliziumcarbid-Kristall mit 2 Zoll Durchmesser gezüchtet</i>		<i>Die Therapie belasteter Seen erweist sich als schwierig. „Learning by doing“ nicht empfehlenswert.</i>	
Verwandtenbesuch	2	Turbulenzen und Lebensvorgänge im Wasser	11
		<i>Hydrodynamik und Populationsdynamik erstmals gekoppelt</i>	
Sach- und Personenregister des Verbundjournals erschienen	2	Aluminiumflocken in Fließgewässern	13
		<i>Ausfällung von Aluminium unter Beteiligung des IGB aufgeklärt. Veröffentlichung in „Science“</i>	
Stabwechsel	3	Wildtierforschung – auch unter Wasser?	13
<i>Josef Zens übernimmt die Öffentlichkeitsarbeit im Forschungsverbund Berlin. Ihn befragte sein Vorgänger Joachim Mörke</i>		<i>IZW-Untersuchungen an Kraken helfen Weg für künftige Zuchtprogramme zu bahnen. US-Forscher an gemeinsamem Projekt interessiert</i>	
Schneller schalten	4	Partnerwahl in Hyänenclans	14
<i>Innovationspreis Berlin-Brandenburg für Entwicklung aus dem Ferdinand-Braun-Institut</i>		<i>Dr. Bettina Wachter (IZW) erforscht männliche Tüpfelhyänen in einer weiblich dominierten Gesellschaft</i>	
Heiße Schmelze im Rechner	5	Leistungsschau der Verhaltensforschung	15
<i>Mathematiker des Weierstraß-Instituts simulieren, wie Kristalle in hoher Reinheit gezüchtet werden können</i>		<i>Internationales Symposium des IZW fokussiert Wissen und Methoden zur Erforschung der Zoo- und Wildtiere.</i>	
Eigentlich ganz einfach	6	Hirschartige unter der Lupe	16
<i>Physiker des Paul-Drude-Instituts erzeugen rekordverdächtige Schwingungen</i>		<i>Die Forschungsgruppe Wildtierkrankheiten im IZW untersucht 10 000 Tiere. Künftig sollen vielleicht auch Wildtiere auf TSE getestet werden</i>	
Was treibt das Wasser aus der Tiefe?	7	Laserlicht macht Magnetismus sichtbar	17
		<i>Forschungsergebnisse schaffen die Grundlage für bessere Datenspeicher</i>	
Tandems im IZW gestartet	7	Das „Kilogramm“ soll neu definiert werden	18
<i>Zweiergruppen für mehr Flexibilität und Kompatibilität der Forschung</i>		<i>Mit einer außergewöhnlichen Aufgabe sieht sich Kristallphysiker Helge Riemann aus dem IKZ konfrontiert</i>	
Den Molekülen beim Arbeiten zuschauen	8	Aus dem Gesamtbetriebsrat	20
<i>Forscher des FMP entwickeln die Analytik von Proteinen entscheidend weiter</i>			
Woher kommt unser Trinkwasser?	9		
<i>Komplexe Forschungen zur Uferfiltration. Verständnis und Verbesserung bestehender Technologien: das Projekt „NASRI“</i>			

Erfolg in der SiC-Kristallzüchtung

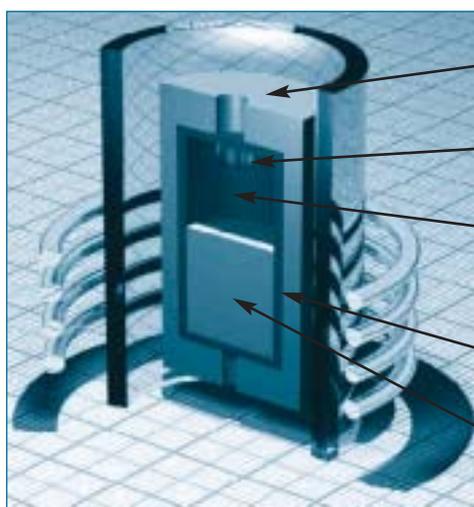
Im IKZ wurde ein defektarmer Siliziumcarbid-Kristall mit 2 Zoll Durchmesser gezüchtet

In der Arbeitsgruppe Gasphasenzüchtung des Instituts für Kristallzüchtung (IKZ) ist es gelungen, den ersten Siliziumcarbid-Einkristall (SiC) mit einem Durchmesser von 2 Zoll (50,8mm) in guter Perfektion zu züchten. Ein solcher Kristall wächst in einem komplizierten technologischen Regime bei Temperaturen über 2000 °C mit einer „Geschwindigkeit“ von weniger als einem Millimeter pro Stunde. Das entscheidende Züchtungsexperiment konnte Dr. Hans-Joachim Rost in der vorletzten Oktoberwoche zum Abschluss bringen. Der 4H-SiC-Einkristall weist eine Perfektion und Reinheit bis in die Randzonen auf. Gerade dort treten oft Defekte auf, die zur Verringerung der Chipausbeute führen.

Mit diesem Züchtungserfolg hat sich das IKZ in die sehr kleine Spitzengruppe von Forschungsinstituten und Firmen vorgeschoben, die derartige SiC-Geometrien und Perfektionen beherrschen.

SiC-Einkristalle mit dem im IKZ erreichten Durchmesser werden auf der Welt erst von drei Firmen angeboten, wobei die Weltmarktnachfrage seit Jahren im Steigen begriffen ist. Hinsichtlich großer Kristalldurchmesser und niedriger Defektdichte hat das Unternehmen Cree (USA) immer noch eine Monopolstellung inne.

Die von der IKZ-Arbeitsgruppe erreichte Materialqualität ist eine erfolgversprechende Basis für Anwendungen in der Leistungs-, Hochtemperatur- und Hochfrequenzelektronik. Verglichen mit konventionellen Bauelementen aus Silizium ermöglicht die SiC-Elektronik höhere Schaltgeschwindigkeiten, höhere Spannungen und einen geringeren parasitären Widerstand. Zugleich können SiC-Bauelemente bei größerer Leistung kleiner sein, sie benötigen weniger Kühlaufwand und sind funktionsfähig bei sehr hohen Temperaturen.



Isolierfilz

Kristall

Gasphase
Si₂ Si₂C₂ SiC₂

Graphittiegel

Quellenpulver

Abb.: IKZ

Induktiv beheizter Graphittiegel für Züchtungstemperaturen über 2000 °C. Zu erkennen sind die Pyrometerlöcher im Isolierfilz (für die Temperaturmessung) und das doppelwandige wassergekühlte Rezipientenrohr.

SiC eignet sich vor allem für Bauelemente, die u. a. zur Energieverteilung, bei der Steuerung von Gasturbinen, in der Raumfahrt und in schnellen Verkehrssystemen eingesetzt werden.

Um SiC erfolgreich am Markt einzuführen, seien noch weitere Reifestufen erforderlich, meint der Leiter der Arbeitsgruppe, Dr. Dietmar Siche. Den vielen vorteilhaften Eigenschaften des Verbindungshalbleiters Siliziumcarbid stünden auch nachteilige entgegen, welche die Prozesstechnologie nach wie vor schwierig gestalten. Dr. Siche: „Es können verschiedene Strukturmodifikationen (Polytypen) mit unterschiedlichen Eigenschaften und charakteristischen Defekten, den so genannten Mikroröhren, entstehen, die es auszuschalten gilt. Dabei spielt die numerische Simulation zum Optimieren von Temperatur- und Strömungsfeld eine große Rolle. Sie wird in Zusammenarbeit mit der IKZ-Arbeitsgruppe Numerische Modellierung und dem Weierstraß-Institut für Angewandte Analysis und Stochastik (WIAS)

In dieser Ausgabe

Heiße Schmelze im Rechner S. 5
WIAS-Mathematiker modellieren Kristalle

Noch „schärfere“ Eiweiße S. 8
FMP verbessert Proteinanalytik

Wie Strömung Leben steuert S. 11
Kopplung von Hydro- und Populationsdynamik im IGB

Damenwahl bei Hyänen? S. 14
IZW-Forschung im Ngorongoro-Krater

Magnetismus durch Laser sichtbar .. S. 17
MBI-Ergebnis ermöglicht höhere Speicherdichten

Das Kilogramm ist zu ungenau S. 18
Neudefinition mit Siliziumspezialisten des IKZ

durchgeführt.“ (Siehe auch Heiße Schmelze im Rechner, Seite 5) Die Vergrößerung des Kristalldurchmessers bei noch weniger Defekten sieht Siche auch künftig als zentrales Thema der SiC-Kristallzüchtung an. Dabei sei das IKZ „mit dem geglückten Experiment einen bedeutenden Schritt vorangekommen.“

Ansprechpartner: Dr. Dietmar Siche
Tel.: 030 6392 3046; e-mail: ds@ikz-berlin.de



Abb.: Cree

LEDs von Cree.

SiC-Wafer bilden die Grundlage für SiC-basierte Bauelemente mit folgenden Einsatzgebieten:

Leistungselektronik

Neue Leistungsbauelemente auf der Basis von SiC tragen zu einer drastischen Verringerung von Energieverlusten bei und ermöglichen neue Lösungen bei der Erzeugung, Verteilung und Umwandlung elektrischer Energie.

Optoelektronik

Die direkte Umwandlung von Energie in Leucht- und Laserdioden führt zu einer hohen Lichtausbeute bei reduziertem Energieverbrauch. SiC-Wafer eignen sich besonders gut als Substrate zur Epitaxie von III-V-Verbindungshalbleitern für den blauen und ultravioletten Spektralbereich.

Mikrowellentechnik

Anwendungen in der digitalen Signalübertragung und der Satellitenkommunikation erfordern kompakte Bauelemente zur Erzeugung von Mikrowellen und zur hochfrequenten Signalverarbeitung. SiC ist für diese Anwendungen ein sehr geeignetes Material.

Hochtemperaturelektronik

Der Wunsch nach Systemen, in denen die Signale am Messort analysiert und verarbeitet werden, erfordert ein Halbleitermaterial, welches seine Funktionalität auch unter extremen Umgebungsbedingungen beibehält. Sensoren auf SiC-Basis, integriert in Antriebssysteme, tragen zu einer Energieeinsparung sowie zu hoher Antriebsleistung und Betriebssicherheit bei.

Verwandtenbesuch

Jenseits des Atlantiks, vom Golf von Mexiko bis hinauf nach Quebec, lebt der nordamerikanische Bruder unseres Störs: *Acipenser oxyrinchus*. Die Wege der beiden haben sich wahrscheinlich vor 100 Millionen Jahren mit dem Auseinanderdriften der eurasischen und nordamerikanischen Landmassen getrennt. Seitdem dürften sich die beiden Arten nicht mehr begegnet sein, so die allgemeine Ansicht. Allerdings sind Arne Ludwig vom Institut für Zoo- und Wildtierforschung* in Berlin und seine Kollegen nun auf einen Verwandtenbesuch gestoßen, der dieses Bild umstoßen könnte. Die Forscher untersuchten das Erbgut von heutigen Vertretern der beiden Arten sowie von alten Museumsexemplaren aus der Nord- und Ostsee. An zwei DNA-Sequenzen – eine aus dem Zellkern, die andere aus den Mitochondrien – verglichen die Forscher die genetische Struktur und Abstammung der historischen Population in baltischen Gewässern. Zur großen Überraschung zeigten zehn Museumsfische eindeutig Hinweise auf eine amerikanische Abstammung – obwohl sie damals in Europa lebten. Als die Wissenschaftler daraufhin die Fische aus der Ostsee noch einmal genauer unter die Lupe nahmen, stellten sie tatsächlich auch eine größere morphologische Ähnlichkeit mit *A. oxyrinchus* fest. So sprachen die Knochenplatten der Tiere eindeutig für Ahnen jenseits des Atlantiks. Mit Hilfe einer molekularen Uhr schätzten Ludwig und seine Kollegen, dass ein wahrscheinlich einziger Ver-

wandtenbesuch innerhalb der letzten eintausendneunhundertzehn Jahre zur Begründung dieser Population ausreichte. Die Überreste von Knochenplatten verschiedener archäologischer Fundstätten ermöglichten jedoch, den Ablauf noch etwas genauer zu datieren. So wanderte der Gemeine Stör, vormals Baltische Stör, (*A. sturio*) erst im Holozän vor etwa 3000 Jahren und damit lange nach dem Ende der letzten Eiszeit in die Ostsee ein. *A. oxyrinchus* folgte rund eintausendachthundert Jahre später. Und die lange Reise sollte sich lohnen, denn obwohl nur relativ wenig Tiere sie erfolgreich absolviert haben dürften, erwiesen sich die Gäste als ausgesprochen hartnäckig: Innerhalb der nächsten vierhundert Jahre drängten die amerikanischen Verwandten die angestammten Einheimischen immer weiter zurück – das zeigen Knochenplatten aus Ralswiek auf Rügen. Im letzten Jahrhundert wurde dann der Stör im Baltikum vom Menschen komplett ausgerottet. Heute werden Bemühungen unternommen, diese charismatischen Tiere wieder anzusiedeln. Für diese Bemühungen sind die jetzt veröffentlichten Ergebnisse von entscheidender Bedeutung.

Quelle: *Nature* 419: 447-448 (2002)

* Anmerkung der Redaktion: Die hier erwähnte Forschung wurde am IGB begonnen, dem Arne Ludwig vor seinem Wechsel ins IZW angehörte; im IZW wurden die Arbeiten abgeschlossen.

Sach- und Personenregister des Verbundjournals erschienen

Für die Jahrgänge 1992-2002 des Verbundjournals ist ein Sach- und Personenregister erarbeitet worden. Zugleich wurden die Einzelausgaben der Nummern 1 bis 50 des Verbundjournals gebunden und je ein Bindeexemplar den Institutsbibliotheken übergeben.

Interessenten können mit dem Kompendium die publizierten Sachinhalte, namentlich gezeichnete Einzelbeiträge sowie alle Autoren und in den Texten erwähnten Personen leicht auffinden.

Eine den Bindeexemplaren beigelegte CD-ROM ermöglicht den schnellen elektronischen Nachweis.

Stabwechsel

Josef Zens übernimmt die Öffentlichkeitsarbeit im Forschungsverbund Berlin. Ihn befragte sein Vorgänger Joachim Mörke

JM: Hallo, Herr Zens, vor kurzem noch in der Berliner Zeitung, jetzt in den Heiligen Hallen des Forschungsverbundes – ein Seitenwechsel, der neugierig macht.

JZ: Das mit dem Seitenwechsel höre ich oft in letzter Zeit. Ich habe den Begriff bestimmt auch schon benutzt. Eigentlich ist Seitenwechsel das falsche Wort. Ich sehe mich als Wissenschaftsjournalist, auch in der neuen Stelle. Bei Seitenwechsel stelle ich mir immer etwas Extremes vor: von der investigativen und unbestechlichen Spürnase, die Skandale aufdeckt, hin zu einem völlig unkritischen Sprachrohr. Zwischen diesen beiden Extremen ist aber viel Platz. Sagen wir also lieber: Wissenschaftsjournalist mit neuen Schwerpunkten.

JM: Und welchen?

JZ: Ich sehe mich als Übersetzer, der allerdings auch interpretiert. Wissenschaftsvermittler könnte man sagen. Dabei möchte ich einen möglichst großen Kreis von Menschen ansprechen.

JM: Mit der Herkunft „Tageszeitung“ (deren Geschäft ich übrigens auch kennenlernte, bevor ich Redakteur der Wissenschaftszeitschrift „spectrum“ bei der Akademie der Wissenschaften wurde), hat man da keine schlechten Karten. Worum ich Leute wie Sie beneide, ist der naturwissenschaftliche Hintergrund, den Sie aufbieten können; das macht den Zugang zu Themen, die Sie hier erwarten, und das Übersetzen sicher leichter.

JZ: Ach, ich weiß nicht. Wirklich entscheidend sind für mich das Interesse an der Forschung und die Neugier. Zu meiner Ausbildung – ich bin Diplom-Geograph – passt im Forschungsverbund am ehesten, was am Institut für Gewässerökologie und Binnenfischerei geschieht. Doch selbst dort ist die Forschung oft schon so speziell, dass Studienwissen an sich nicht viel weiterhilft. Ohnehin ist es mein Ziel, Themen so aufzubereiten, dass sie auch ein Fachfremder verstehen kann. Denn wenn ich aus einem Institut berichte, gibt es Leser aus, hoffent-



Josef Zens (37)

ist gelernter Journalist. Nach einem Volontariat und zwei Jahren als Redakteur bei Zeitungen in Bayern legte er eine Berufspause ein, um in Berlin Geographie zu studieren. Das Nebenfach Meteorologie hatte es ihm dabei besonders angetan. Klimaforschung wurde zu einem seiner journalistischen Schwerpunkte. Nach einem Studienjahr in den USA schloss er 1997 sein Studium an der Freien Universität mit dem Diplom ab. Von November 1997 bis Dezember 2002 arbeitete Josef Zens als Wissenschaftsredakteur bei der Berliner Zeitung. Schwerpunkte waren neben der Klimaforschung Umwelt- und Geowissenschaften, Archäologie sowie Paläontologie. Josef Zens ist verheiratet und hat drei Kinder.

lich, sieben Instituten, die das Fachgebiet nicht kennen. Von Außenstehenden ganz zu schweigen. Wenn mir der naturwissenschaftliche Hintergrund etwas erleichtert, dann den Zugang zu den Wissenschaftlern. Denn bei der Arbeit in Tageszeitungen habe ich mehrfach die Erfahrung gemacht, dass Forscher den Journalisten misstrauen. Da hilft es, wenn man als Wissenschaftsredakteur, wie ich es in den letzten fünf Jahren war, einen naturwissenschaftlichen Abschluss hat.

JM: Was das Misstrauen betrifft: das ist ja beidseitig. Beim Wissenschaftler entsteht es, weil er häufig den Bericht über seine Arbeit nicht noch einmal sehen kann, bevor dieser in Druck geht. Aber auch beim Journalisten entsteht Misstrauen, und zwar aus dem Verdacht und der Erfahrung heraus, dass durch Abstimmung mit dem Wissenschaftler sein Artikel wieder trockener wird, weil der Wissenschaftler gewisse Übersetzungen ins Populäre als „zu unseriös“ ablehnt. Man muss dann versuchen, sich in der Mitte zu treffen. Im Verbundjournal sind wir mit dem Abstimmen im Hause immer gut gefahren. Doch vor dem Umgang mit Themen steht ja erst einmal der Eingang von Themen. Wie soll das denn bei Ihnen laufen?

JZ: Das müsste ich eigentlich Sie fragen! Ich kann zu diesem Zeitpunkt nur sagen, wie ich an Themen herangehen will – und was ich mir wünsche. Zum einen sitze ich als langjähriger Wissenschaftsjournalist an vielen Quellen, über die ich von gerade publizierten Arbeiten erfahre. Allein in den letzten zwei Monaten etwa gab es drei Studien aus dem Forschungsverbund, die in den Spitzenjournalen „Science“ und „Nature“ erschienen. Hierzu wünsche ich mir natürlich, dass ich aus den Instituten vorab darüber informiert werde. Zum anderen will ich journalistisch an Themen herangehen und Schwerpunkte setzen. Nehmen Sie die Artenschutzkonferenz in Chile. Da würde ich dann in Verbundinstituten fragen: Was macht Ihr zu bedrohten Tierarten? Hierzu könnte man dann mehrere Artikel veröffentlichen. Oder: Die Vergabe der Nobelpreise ließe sich zum Anlass nehmen, in den Instituten dazu passende Arbeiten vorzustellen. Wenn man nur lange genug nachdenkt und auch hartnäckig genug nachfragt, dann findet sich immer ein Anlass.

JM: Dieses Herangehen finde ich sehr gut: von einem Ereignis auszugehen, das einen hohen Aufmerksamkeitswert hat. Aber es passiert ja in den Instituten mehr, auch unabhängig davon, was gerade

„draußen“ läuft. Darunter sind exklusive Themen und Ergebnisse, Spitzenforschung. Nur, das wird einer Pressestelle nicht zu Füßen gelegt, von spontanen Hinweisen auf Knüller einmal abgesehen. Ja, wie habe ich es gemacht? Es brachte immer etwas, Themen aus den Jahresberichten der Institute aufzugreifen; es bringt immer etwas, bei Institutsbesuchen nicht in der Direktion hängen zu bleiben, sondern gleich in zwei, drei Laboren nachzufragen: Woran arbeiten Sie? Haben Sie was Aufregendes? Da kann man sich schnell das Notizbuch füllen.

JZ: Hatten Sie so etwas wie Hauptinformanten?

JM: Geträumt habe ich davon, um ehrlich zu sein. Ich fände es gut, wenn es in jedem Institut einen „Pressebeauftragten“, Betonung auf dem zweiten Wort, gäbe, der als Ansprechpartner der Pressestelle fungiert, der auch von sich aus informiert, wenn es was Spannendes gibt – und so seinen Direktor entlastet. Das existiert in Anfängen, scheint mir, Sie könnten probieren, ob das ausbaufähig ist. Vielleicht

in einem Workshop mit geeigneten und interessierten Vertretern der Institute, um zu prüfen – kluge Rede jetzt, ich hab's nämlich nicht gemacht – ob daraus ein effektives System zu stricken ist.

JZ: Das habe ich fest vor. Ich sehe mich in meiner neuen Funktion nämlich nicht nur als Wissenschaftsjournalist im klassischen Sinne, sondern auch als Dienstleister. Daher werde ich den Institutsmitgliedern anbieten, sich bei Workshops über die journalistische Arbeit zu informieren. So etwas macht mir Spaß – und ich hoffe, dass es auch den Teilnehmern Spaß macht. Bei meinen bisherigen Kursen als Lehrbeauftragter an einer Hochschule in Sachsen hat es zumindest immer gut geklappt.

JM: Ich finde es übrigens hilfreich, wenn die Basisinformation für eine Pressemitteilung vom Fachwissenschaftler entworfen wird. Oder sehen Sie sich als Reporter, der reihum die Institute anfliegt und dort jedermanns Feder ist?

JZ: Nein, natürlich nicht. Aber ich möchte auch, dass in künftigen Verbundjournalen deutlich Textgattungen zu unterscheiden sind. Der allgemein verständliche Originalbeitrag eines Forschers einerseits, die journalistisch erzählte Geschichte andererseits. Freilich muss und will ich mich neben der journalistischen Tätigkeit noch zahlreichen anderen Aufgaben widmen: Öffentlichkeitsarbeit umfasst ja auch Tage der Offenen Tür, Beiträge zur Langen Nacht der Wissenschaften, Informationen für Schulen und vieles mehr. Wer erfolgreich Wissenschaft vermitteln will, darf sich nicht auf Texte und Fotos beschränken.

JM: Ich wünsche Ihnen Glück und Erfolg.

Josef Zens ist ab 2. Januar 2003 zu erreichen unter Tel.: 030 6392-3338 e-mail: zens@fv-berlin.de

Schneller schalten

Innovationspreis Berlin-Brandenburg für Entwicklung aus dem Ferdinand-Braun-Institut

Das Ferdinand-Braun-Institut für Höchstfrequenztechnik ist am 29. November 2002 zusammen mit zwei Berliner Unternehmen mit dem Innovationspreis Berlin-Brandenburg ausgezeichnet worden. Der Preis wurde vergeben für die Entwicklung einer Familie von schnell schaltenden Halbleiterbauelementen: den so genannten Galliumarsenid-Leistungs-Schottky-Dioden. Dahinter verbergen sich Bauteile, die die Stromversorgung von elektronischen Geräten effizienter machen. Jedes Netzteil, das beispielsweise einen Computer mit Strom versorgt, enthält gleichrichtende Halbleiter-Dioden. Üblicherweise werden diese Dioden aus Silizium hergestellt. Das Material ist vergleichsweise billig, hat aber einige Nachteile: Die Bauelemente sind nur begrenzt leistungsfähig, insbesondere schalten sie bei Betriebsspannungen von mehr als 100 Volt relativ langsam. Dies führt zu erheblichen elektrischen

Verlusten und steht auch einer weiteren Miniaturisierung im Wege. Ein zusätzlicher Nachteil ist es, dass hohe Betriebstemperaturen die elektrischen Verluste drastisch erhöhen.

Einen Ausweg bietet das Halbleitermaterial Galliumarsenid mit seinen günstigen Eigenschaften. Es macht extrem schnelle Dioden bis zu 600 Volt Spannung und 250 Grad Celsius Betriebstemperatur möglich. Das bedeutet: Leistungsfähigere und kompaktere Netzteile, die die Energie optimal nutzen, können gebaut werden – und das für vielfältige Anwendungen. Galliumarsenid-Dioden eignen sich zum Beispiel auch für den Einsatz in Kraftfahrzeugen, wo in der Nähe des Motors hohe Temperaturen herrschen.

Das FBH hat diese Dioden nicht nur entwickelt, sondern auch zur Serienreife gebracht und sogar die Pilotproduktion aufgenommen. Damit hat das Institut eine schnelle

Markteinführung ermöglicht. Der Rohstoff für die Dioden kommt von dem Unternehmen TESAG, einer Ausgründung aus dem FBH. Initiiert hat das Ganze ein international etablierter Hersteller von Leistungshalbleitern, nämlich IXYS Semiconductor. Im Jahr 2000 gründete das Unternehmen eine Tochtergesellschaft, IXYS Berlin, die diese Dioden künftig in Adlershof produzieren wird. jz

Ansprechpartner:

Dr. Volker Bentlage (FBH)
Tel.: 030 6392-2610

Dr. Markus Weyers (TESAG)
Tel.: 030 6392-2670
e-mail: weyers@tesag.com

Stefan Mößner (IXYS Berlin)
Tel.: 030 6392-1970

Heiße Schmelze im Rechner

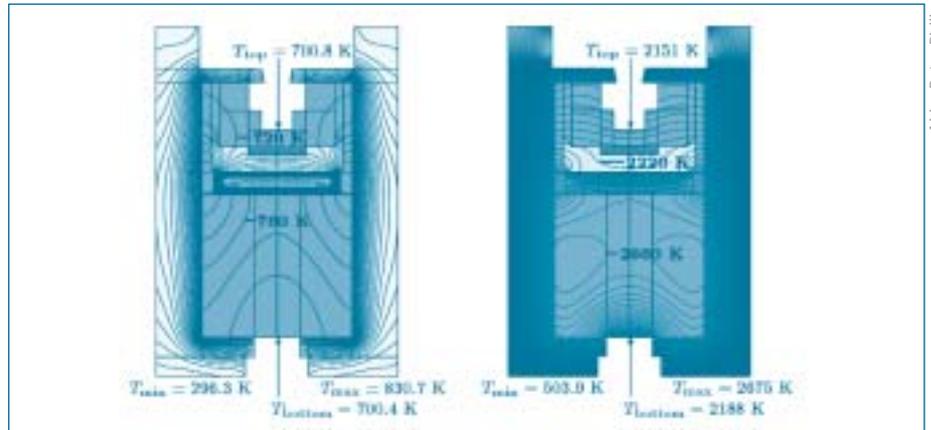
Mathematiker des Weierstraß-Instituts simulieren, wie Kristalle in hoher Reinheit gezüchtet werden können

Wer immer eine CD in den Computer oder den CD-Spieler einlegt, aktiviert damit auch einen Laser. Die Lichtstrahlen lesen die Daten aus dem Speichermedium ab, ähnlich wie früher die Saphir-Nadel eine Schallplatte abtastete. Je „feiner“ der Lichtstrahl, desto dichter können die Daten gepackt werden, desto mehr passt auf die CD. Deshalb arbeiten Industrie-konzerne und Forscher in aller Welt daran, möglichst kostengünstig kleine Laser herzustellen, die blaues, also kurzwelliges Licht abstrahlen. Eine Möglichkeit dafür sind Halbleiter-Laser auf der Basis von Galliumnitrid. Als Substrat dienen hierfür Saphir sowie Siliziumcarbid (SiC) in einer besonderen Form, nämlich als so genannter Einkristall.

Die SiC-Einkristalle haben physikalische Eigenschaften, die sich besonders gut für die Laser-Herstellung eignen. Sie sind jedoch teuer. Denn die Kristalle müssen erst in aufwändigen Züchtungsverfahren in möglichst hoher Reinheit und Perfektion erzeugt werden. Dazu sind sehr hohe Temperaturen nötig: mehr als zweitausend Grad. Dann wird im weiß glühenden Graphit-Tiegel aus dem pulverförmigen Siliziumcarbid Gas, das schließlich zum begehrten Einkristall kristallisiert.

Wie kann man ein derartiges Verfahren optimieren? Es gibt keine Sensoren, die unter so großer Hitze funktionieren. Also behilft man sich entweder mit der Versuch-und-Irrtum-Methode – oder man greift auf die Mathematik zurück.

Im Forschungsverbund Berlin arbeiten zwei Institute eng miteinander zusammen, um das Siliziumcarbid-Problem zu lösen. Das Institut für Kristallzüchtung stellt die Einkristalle her und ist dabei, das Verfahren zu verbessern. Unter anderem geht es darum, aus Strahlungsmessungen von außen die Temperaturen im Inneren des Tiegels zu ermitteln. Hilfe kommt vom Weierstraß-Institut für Angewandte Analysis und Stochastik (WIAS). Dort entwerfen Olaf Klein und Peter Philip Gleichungen und Rechenverfahren, die die Vorgänge in der heißen Reaktionskammer simulieren. Obwohl man am WIAS



Simulierte Temperaturverteilung im SiC-Züchtungstiegel, links während, rechts am Ende der Aufheizphase.

über erstklassige mathematische Modelle und über leistungsstarke Rechner verfügt, lässt sich das Problem nur in Teilschritten lösen. „Momentan sind wir dabei, die Temperaturverteilung im Tiegel zu optimieren“, sagt Philip. „Der nächste Schritt wird das Kristallwachstum sein.“

Mathematikzentrum in Berlin

Diese Kooperation der beiden Verbund-Institute wird im Rahmen eines großen Programms der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) gefördert, das kürzlich in Berlin offiziell gestartet wurde. Es handelt sich um das DFG-Forschungszentrum „Mathematik für Schlüsseltechnologien“, das in Berlin angesiedelt ist. Darin arbeiten Hochschulen und außeruniversitäre Forschungseinrichtungen Berlins zusammen. Es gilt in Fachkreisen als außerordentlicher Erfolg, dass dieses Zentrum nach Berlin kam. Beteiligt sind die Freie und die Technische Universität sowie die Humboldt-Universität ebenso wie das Konrad-Zuse-Zentrum für Informationstechnik und eben das WIAS. Einen entscheidenden Grund für die Ansiedlung des Zentrums nennt Jürgen Sprekels, Direktor des WIAS: „Die Mathematik in Berlin gehört zur internationalen Spitze.“

Ein weiterer Grund dürfte das wissenschaftliche Umfeld sein: Die Forschungs- und Hochschullandschaft in Berlin und Umge-

bung ist so vielfältig, dass die Mathematiker nicht lange nach interessanten Kooperationspartnern suchen müssen. Die Verbundinterne Zusammenarbeit ist dabei nur ein Beispiel unter vielen. Die Mathematiker des DFG-Forschungszentrums helfen etwa Medizinern bei der Entwicklung besserer chirurgischer Verfahren. Und auch das Weierstraß-Institut kooperiert mit zahlreichen anderen Partnern, etwa dem Geoforschungszentrum in Potsdam oder dem Heinrich-Hertz-Institut für Nachrichtentechnik in Berlin.

Ähnlich wie bei der Siliziumcarbid-Herstellung geht es in der Halbleiterphysik darum, Prozesse und Herstellungsverfahren am Rechner zu optimieren. Die Computerprogramme des WIAS simulieren dabei unter anderem die Wärmeentwicklung in Computerchips, noch bevor diese gebaut sind. So können im Idealfall ohne viel Fehlversuche Hochleistungsbauteile konstruiert werden. Manche davon haben einen sehr einleuchtenden praktischen Nutzen. Der blaue Laser auf Siliziumcarbid-Substrat etwa könnte die Datendichte auf DVDs um ein Vielfaches erhöhen. Nicht mehr nur ein Kinofilm passte auf die silbern glänzende Scheibe, sondern zehn Filme hätten Platz. Bei gleichbleibend hoher Qualität.

jz

Kontakt: Peter Philip, Tel.: 030 2 03 72-480
e-mail: philip@wias-berlin.de

Abb.: Peter Philip

Eigentlich ganz einfach

Physiker des Paul-Drude-Instituts erzeugen rekordverdächtige Schwingungen

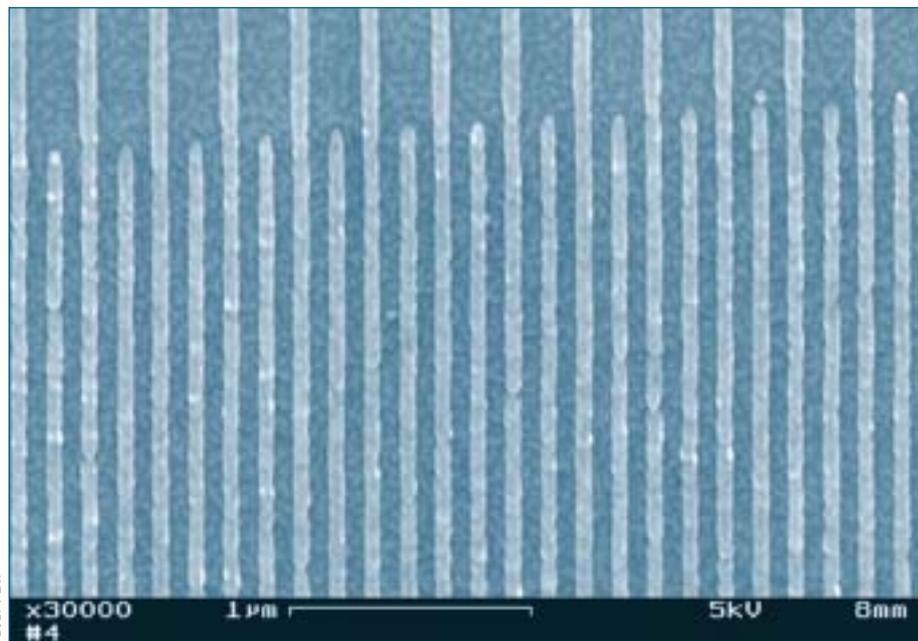


Foto: PDI.

Die Elektronenmikroskop-Aufnahme zeigt die winzigen Metallstreifen, mit denen die extrem schnellen Schwingungen erzeugt werden.

Wenn Oliver Brandt über Molekularstrahlepitaxie spricht, muss man keine Angst haben, auch wenn es kompliziert klingt. „Das ist eigentlich ganz einfach“, sagt der Physiker vom Paul-Drude-Institut für Festkörperelektronik. Er gehört einem Team um Yukihiko Takagaki an, das es kürzlich geschafft hat, ein Kristallgefüge gezielt in sehr hochfrequente Schwingungen zu versetzen. Die PDI-Experten erreichten eine Frequenz von über 20 Gigahertz (Ghz).

Und die Molekularstrahlepitaxie? Die steht am Anfang des Prozesses. Denn mit dem Verfahren wird eine kristalline Schicht auf ein Substrat aufgedampft. Erst sie ermöglicht es, elektrische Signale in Schwingungen zu übersetzen. Das Substrat ist ein Kristall aus Siliziumcarbid (SiC), etwa daumennagelgroß. In einer Ultrahochvakuum-Kammer hängt dieses Stück, daneben – hinter einer Blende – ist ein Tiegel mit geschmolzenem Aluminium. Hinzu kommt gasförmiger Stickstoff, dessen Moleküle zuvor mithilfe einer Plasmaquelle in Atome zerlegt wurden. Das Vakuum führt nun dazu, dass die verdampfenden Stickstoff- und Aluminiumatome wie in einem Strahl durch die geöffnete Blende zum Siliziumcarbid fliegen. Atomlage für Atomlage bildet sich so kristallines Aluminiumnitrid. Es entsteht eine Schicht von

beispielsweise 250 Nanometer Dicke. Ein Nanometer ist ein Millionstel Millimeter.

Die Unterlage aus Siliziumcarbid ist extrem hart. SiC wird in seiner Härte nur noch von Diamant übertroffen. Diese Eigenschaft führt dazu, dass sich Schall sehr rasch in diesem Medium ausbreitet. Das aufgedampfte Aluminiumnitrid (AlN) ist ebenfalls sehr hart. Und, das ist das Besondere, es ist im Gegensatz zu SiC eine hochgradig piezoelektrische Verbindung. Fast jeder Raucher hat mit Piezokristallen zu tun. Diese Materialien reagieren auf Druck und Verformung, indem sie elektrischen Strom freisetzen: Sie erzeugen auf Knopfdruck den zündenden Funken in einem elektrischen Feuerzeug. Umgekehrt verformen sie sich, wenn eine Spannung angelegt wird, können also zum Schwingen angeregt werden. Der Vorteil des beschichteten SiC-Kristalls: Die hauchfeine AlN-Lage kann elektrisch sehr effizient zum Schwingen angeregt werden, die Wellen werden von der SiC-Unterlage reflektiert und somit geführt. Diese Führung erlaubt auch die Anregung von harmonischen Schwingungen noch höherer Frequenz. Diese Schwingungen haben eine Schallgeschwindigkeit, die sogar diejenige von SiC übertrifft: Der maßgeschneiderte künstliche Kristall übertrifft die Natur.

Um diese rasanten Schwingungen anzuregen, bedarf es allerdings eines weiteren Tricks. Winzige Metallstreifen, zehnmal dünner noch als die AlN-Schicht, müssen auf die Oberfläche aufgebracht werden. Durch diese „Metallfinger“ fließt der Strom, der die Wellen erzeugt – Experten sprechen von Surface Acoustic Waves (SAW, übersetzt: Oberflächenschallwellen). Je härter die Unterlage und je näher diese Finger beieinander liegen, desto höhere Frequenzen können erzielt werden. Um die Metallstreifen aus Titan und Aluminium zu erzeugen, bedienen sich die PDI-Physiker der Elektronenstrahlithographie. Das hört sich zwar auch kompliziert an, ist jedoch ein Standardverfahren, mit dem heute schon Nanometer kleine Strukturen in Oberflächen „geschrieben“ werden können.

Auf diese Weise konnten die Wissenschaftler des PDI also eine Frequenz von über 20 Ghz erzeugen. Ähnlich hohe Frequenzen (17 Ghz) gab es bisher nur auf anderen Materialien. Bei AlN erreichte man bisher nur maximal 2 Ghz. Und wofür das Ganze? Solche Schwingungen dienen zur Signalverarbeitung, und dabei gilt: Je höher die Frequenz, desto mehr Signale können übertragen werden. Industriell hergestellte Bauteile dieser Art sind in jedem Handy und dienen als „Bandpassfilter“: Sie selektieren elektromagnetische Frequenzen von etwa 900 Megahertz (0,9 Ghz) in Europa; in US-Handys ist man bei 1,9 Ghz angelangt. Das ist nur ein Zehntel dessen, was nun am Paul-Drude-Institut erreicht wurde. Doch Oliver Brandt dämpft zu hohe Erwartungen. „Unsere Kristalle sind Einzelstücke. Das Herstellungsverfahren ist noch zu teuer, um an einen Einsatz der Bauteile in Handys zu denken. Aber wir haben immerhin gezeigt, was technisch möglich ist.“ Noch gibt es keine konkrete Anwendung, doch das ist bei den Ergebnissen am PDI oft der Fall. Institutsleiter Klaus H. Ploog erläutert: „Man darf nicht immer gleich fragen ‚Was kommt heraus für die Anwendung?‘ In der Forschung entstehen Ergebnisse, die Voraussetzung für Innovationen sind, durch sorgfältiges Experimentieren.“ jz

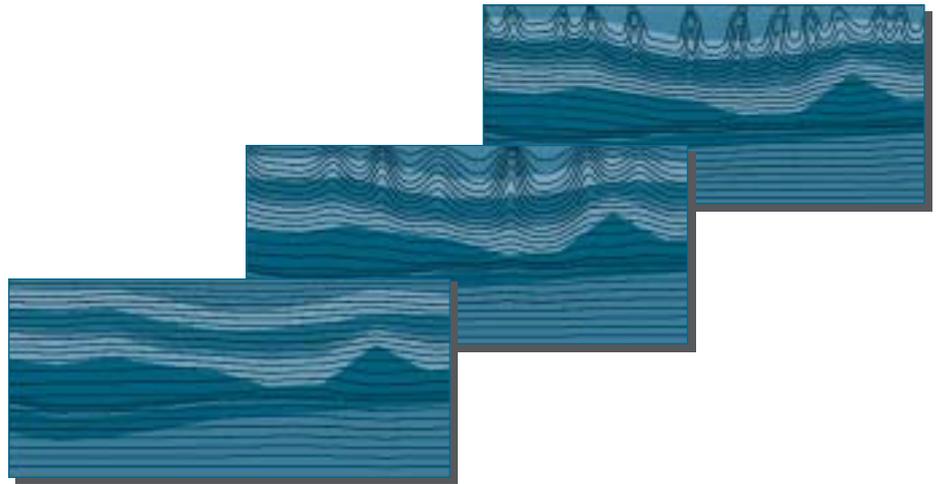
Ansprechpartner: Dr. Oliver Brandt

Tel.: 030 20 37 73 32

e-mail: brandt@pdi-berlin.de

Was treibt das Wasser aus der Tiefe?

Die Abbildung zeigt die Isothermen, also die Linien gleicher Temperatur, einer simulierten Tiefenwasserströmung im Raum Berlin-Brandenburg. Das Weierstraß-Institut für Angewandte Analysis und Stochastik unterhält vielfältige Kooperationen (siehe auch Text „Heiße Schmelze im Rechner“). Unter anderem arbeiten die Mathematiker aus Berlin-Mitte mit Kollegen aus dem Geoforschungszentrum Potsdam zusammen. Dabei geht es um die Frage, wie salzreiche Wässer aus tiefen Schichten bis an die Erdoberfläche dringen können. Dieses Phänomen ist in der norddeutschen Tiefebene nicht selten, und auch in Berlin und Brandenburg gibt es Quellen, aus denen Salzwasser sprudelt. Innerhalb der Geowissenschaften gibt es verschiedene Erklärungsansätze für dieses Phänomen. Das Emporquellen des salzigen Wassers wird in erster Linie von der Temperaturverteilung und von den Druckverhältnissen getrieben. Diese werden von der Beschaffenheit der Gesteinsschichten beeinflusst. Abhängig von der Temperaturdiffe-



renz zwischen einer tief liegenden Gesteinsschicht (sie stammt aus der Zeit vor dem Erdzeitalter Perm) und der Erdoberfläche kann das Strömungsfeld verschiedene qualitative Zustände einnehmen: Es kann zeitlich konstant, also stationär sein (siehe Abbildung unten). Es kann aber auch – getrieben durch Konvektion – zeitlich periodisches oder gar chaotisches Verhalten zeigen (das zeigen die beiden oberen Abbildungen).

Vom WIAS in Zusammenarbeit mit dem Geoforschungszentrum Potsdam ausgeführte Simulationen haben gezeigt, dass chaotisches Verhalten durchaus vorkommen kann. Damit ließe sich der beobachtete Salzwasseraufstieg durch Konvektionsprozesse erklären.

Ansprechpartner: Dr. Jürgen Fuhrmann
 WIAS, 030 2 03 72-560; Fax: 2 04 49 75
 E-Mail: fuhrmann@wias-berlin.de

Tandems im IZW gestartet

Zweiergruppen für mehr Flexibilität und Kompatibilität der Forschung

Eine neue Form der Teamarbeit, die Bildung so genannter Tandems, ist im Institut für Zoo- und Wildtierforschung entwickelt und gestartet worden. Es handelt sich um Zweiergruppen, in denen sich Wildbiologie und Veterinärmedizin komplementär ergänzen sollen. Die Themen werden aus dem aktuellen Forschungsprogramm des Instituts abgeleitet. Wie Institutsdirektor Prof. Dr. Heribert Hofer mitteilte, arbeiten diese Zweiergruppen an einem gemeinsamen Projekt zwei bis drei Jahre. Die Idee ist, dass das gemeinsame Thema beide Beteiligte herausfordert, ihre disziplin-spezifischen Ansätze und Konzepte miteinander zu verbinden und neue inhaltliche Einsichten sowie methodisch-konzeptionelle Fortschritte zu

erzielen. Diese Form der Zusammenarbeit erhöht die Flexibilität der Forschung; sie ist interdisziplinär orientiert und trägt zur Überwindung herkömmlicher Abteilungs-grenzen bei.

Aus Mitarbeitern der Forschungsgruppen „Evolutionäre Ökologie“, „Reproduktionsbiologie“ und „Reproduktionsmanagement“ wurden bisher Tandems zu folgenden drei Themen gebildet:

Spermienkonkurrenz und Spermienpathologien bei der Hauskatze als Modellorganismus für bedrohte Großkatzen
 Dr. Ruth Thomsen (FG Evolutionäre Ökologie) und Dr. Katrin Stöbel (FG Reproduktionsbiologie)

Fortpflanzungsstrategien, Spermienkonkurrenz und Fertilität bei europäischen Feldhasen

Dr. Christian Voigt (FG Evolutionäre Ökologie) und Mirja Fassbender (FG Reproduktionsmanagement)

Gesundheitsstatus und Fortpflanzungsstatus bei Geparden

Doktorandin Susanne Schulze (Veterinärmedizinerin, FG Evolutionäre Ökologie) und Doktorand Johann Lonzer (Diplombiologe, FG Evolutionäre Ökologie).

Weitere Tandems sind in Vorbereitung.

Ansprechpartner: Prof. Dr. Heribert Hofer
 Tel.: 030 5168 100
 e-mail: direktor@izw-berlin.de

Den Molekülen beim Arbeiten zuschauen

Forscher des FMP entwickeln die Analytik von Proteinen entscheidend weiter

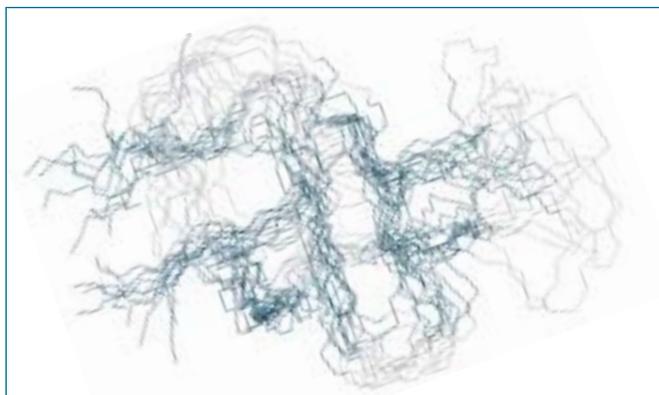
Personen mit einem Herzschrittmacher dürfen den Raum nicht betreten. Darauf weist ein Schild hin, das an der Tür eines jeden NMR-Labors hängen muss. Auch Schlüssel, metallischen Schmuck und Kreditkarten mit Magnetstreifen sollte man ablegen, bevor man sich dem Riesenmagneten nähert, dem Herzstück der kernmagnetischen Resonanzspektroskopie (NMR).

Bei dieser kürzlich mit dem Nobelpreis bedachten Analyseverfahren machen sich die Forscher zu Nutze, dass sich die Atomkerne verschiedener Elemente im Magnetfeld unterschiedlich verhalten. Entsprechend ihrer Drehrichtung, dem so genannten Kernspin, richten sie sich wie Kompassnadeln im Magnetfeld aus. Das geschieht abhängig von ihren Nachbaratomen und von der Stärke der Bindung zu den Nachbarn.

Fünf NMR-Geräte gibt es derzeit im Forschungsinstitut für Molekulare Pharmakologie (FMP). Sie befinden sich in einem kreisförmigen Bau unmittelbar neben dem Institutsgebäude. Für das sechste Gerät, das Professor Hartmut Oschkinat im nächsten Jahr erwartet, wird ein neues Gebäude errichtet. Sein Team wird dann zu den wenigen Gruppen in der Welt gehören, die ein 900-Megahertz-Gerät besitzen, das gegenwärtig leistungsstärkste der Welt. Für Untersuchungen, die das Team kürzlich im Fachjournal Nature publizierte, haben sie die 750-Megahertz-Maschine benutzt. Sie erzeugt ein Magnetfeld von 17,6 Tesla; das hat gereicht, um ein neues Tor in der Proteinanalytik aufzustoßen.

Der Durchbruch gelang mit einem gekoppelten Verfahren, das am FMP entscheidend weiter entwickelt wurde. Es handelt sich um die Festkörper-NMR in Kombination mit dem so genannten Magic-Angle-Spinning (MAS). Das ist eine Technik, bei der die feste Probe in einem speziellen Winkel zum Magnetfeld platziert wird und sich während der Messung sehr schnell um sich selbst dreht. Für die Nature-Studie lag das Protein in Pulverform vor. „Die schnellen Drehungen ahmen die freie Bewegung der Atome nach, die diese in einer Lösung hätten“, erläutern die Studienautoren Federica Castellani und Barth van Rossum. Wenn dann der Kernspin gemessen wird, korrespondieren auch jene

Entschlüsselung eines großen Proteins: Dieses Eiweiß besteht aus 62 Aminosäuren und wurde am FMP mit einer neuen Methode analysiert. Es stammt aus Gehirnzellen eines Huhns.



Atome eines Moleküls miteinander, die nicht unmittelbar benachbart sind. Diese so genannte Kopplung der Signale hängt auch weiterhin davon ab, wie die Atome im Raum zueinander stehen. Korrespondiert beispielsweise die Aminosäure 1 mit der Aminosäure 20, gibt das einen Hinweis darauf, wie das Protein gefaltet ist.

Solche dreidimensionalen Strukturen zu entschlüsseln, gehört zu den großen Herausforderungen der Proteinanalytik. Besonders die großen Eiweiße, die in der Zellmembran vorkommen, machen es den Forschern schwer. Mit der MAS-NMR hat Oschkinats Gruppe eine Möglichkeit gefunden, solche Proteine zu analysieren. Demonstriert haben sie die Technik an einem Eiweiß, dessen Struktur von der Röntgenkristallographie her bekannt war. Es besteht aus 62 Aminosäuren und stammt aus Gehirnzellen des Huhns.

Um solche großen Proteine messen zu können, haben Castellani und van Rossum eine neue Methode der Isotopenmarkierung entwickelt. Normalerweise werden bei der NMR alle Atome des zu untersuchenden Moleküls mit dem entsprechenden „NMR-aktiven“ Isotop angereichert – bei der ¹³C-NMR also alle Kohlenstoffatome mit dem ¹³C-Isotop. Bei so großen Molekülen verschwimmen dann allerdings die Signale. Die Forscher haben deshalb eine so genannte reduzierte Markierung benutzt.

Um die Probe zu präparieren, isolierten sie aus der entsprechenden Hirnregion das Gen, das die Bildung des gewünschten Proteins kodiert. Das Gen haben sie in ein Escherichia coli-Bakterium transferiert, so dass dort das Protein entsteht. Das Bakterium wurde

auf einer Zuckernährlösung vermehrt, wobei die Zuckermoleküle nur an bestimmten Stellen das ¹³C-Isotop trugen. Während des Wachstums hat das Protein die ¹³C-Isotope an bestimmten Stellen seiner Struktur eingebaut. Auf diese Weise ist immer nur ein Teil der Atome mit dem ¹³C-Isotop angereichert. Die Kunst ist es, das so zu tun, dass man aus dem NMR-Spektrum sieht, welche Atome miteinander korrespondieren. Van Rossum: „Es war uns wichtig, eine einfache Methode zu entwickeln. Deshalb wird sie breite Anwendung finden.“

Anhand des Hühnerproteins hat Oschkinats Team gezeigt, dass die Technik funktioniert. Jetzt wollen sie sich Membranproteine vornehmen, die häufig unlöslich sind und an denen die anderen Analysemethoden scheitern. Ein nächster Kandidat ist der Acetylcholinrezeptor, der Signale von Nerven- auf Muskelzellen überträgt. Ein bestimmtes Eiweiß aus dem Schlangengift der Kobra blockiert diesen Rezeptor. „Uns interessiert vor allem, wie solche Substanzen aussehen, wenn sie an einen Rezeptor andocken. Der Moment der Bindung ist wichtig“, sagt Federica Castellani. Die Pharmaindustrie, die nach neuen Wirkstoffen sucht, wolle nämlich wissen, nach welchen Kriterien sie die Suche nach geeigneten Stoffgruppen eingrenzen kann. Mit der neuen Technik, so meinen die Forscher, könne man den Molekülen nun besser beim Arbeiten zuschauen. **Ina Helms**

Ansprechpartner:

Prof. Dr. Hartmut Oschkinat

Tel.: 030 94 79 31 60

e-mail: oschkinat@fmp-berlin.de

Woher kommt unser Trinkwasser?

Komplexe Forschungen zur Uferfiltration. Verständnis und Verbesserung bestehender Technologien: das Projekt „NASRI“

Foto: Kompetenzzentrum Wasser Berlin



Speicherteich der Versuchsanlage Marienfelde (Umweltbundesamt). Die Kräuselbewegungen der Wasseroberfläche zeigen die linienförmige Injektion von gelösten Stoffen am Grund des Teiches an, welche sich zunächst im Wasser verteilen und dann in Richtung Ufer und weiter ins Grundwasser bewegen.

Seit Jahr und Tag wird ein Großteil des Berliner Trinkwassers an Spree und Havel durch einen Prozess gewonnen, der immer noch ungenügend verstanden ist: die Uferfiltration. Niemand kann exakt beschreiben, woher wie viel Wasser kommt und was mit seinen Inhaltsstoffen passiert, wenn das Nass, von den Pumpen der Förderbrunnen angetrieben, aus dem Müggel- oder dem Tegeler See unterirdisch in die Wasserwerke strömt. Indes weiß man, der Name sagt es, dass das Wasser in den Sedimentschichten bisher ausreichend gefiltert und gereinigt wird. Doch wo bleiben die aus dem Oberflächenwasser gefilterten Stoffe? Wie lange funktioniert diese unterirdische unentgeltliche Reinigung? Was geschieht mit neuen, noch wenig oder nicht erforschten Stoffen, gibt es Wechselwirkungen zwischen ihnen?

Im Grunde unnatürlich

„Eigentlich ist die Uferfiltration ein unnatürlicher Prozess“, sagt Prof. Gunnar Nützmann vom Institut für Gewässerökologie und Binnenfischerei (IGB). „Gäbe es keine Wasserförderung, würde das Grundwasser aus der Barnimer Hochfläche normalerweise direkt in das Berliner Urstromtal strömen und dem Müggelsee und der Spree zufließen. Doch gerade die Brunnengalerien entlang der Gewässerufer lassen so genannte Absenkungstrichter entstehen, wodurch die Fließrichtung des unterirdischen Wassers beeinflusst wird.“ Durch das Gefälle gelangt landseitig weiter-

hin Grundwasser in die Brunnen, aber auch aus den Seen infiltriert Oberflächenwasser in das Grundwasser, welches den Brunnen zuströmt. Mithin hängt die stoffliche Zusammensetzung des geförderten Rohwassers auch von der Gewässerqualität und den sehr komplexen bio-, geo- und hydrochemischen Reaktionen bei der Uferpassage ab.

„Wir wüssten schon gern“, sagt Gunnar Nützmann, Leiter der Abteilung Ökohydrologie am IGB, „auf welche Weise man die Wasserqualität beeinflussen und durch technische Maßnahmen steuern kann, wenn z.B. im Oberflächenwasser unerwünschte Stoffe auftreten.“ Das können während der Sommermonate Algengifte, das können Arzneimittelrückstände und andere Verbindungen sein. Um aber die Aufenthalts- und Ausbreitungszeiten dieser Chemikalien zu bestimmen, muss man erst einmal die unterirdischen Fließverhältnisse kennen. Wissen will man ferner, wie diese Stoffe im Untergrund reagieren, ob sie an die sandigen Sedimente nur vorübergehend angelagert („Zwischengeparkt“) werden oder ob ihr chemischer oder biologischer Abbau erfolgt. „Es geht, kurz gesagt, um eine umfassende Prozessaufklärung als Grundlage für ein nachhaltiges Wassermanagement“, kommentiert Nützmann.

Für viele Länder interessant

Uferfiltration ist in einer Reihe von Ländern eine wichtige Technologie zur Trinkwassergewinnung. Erfahrungen aus unseren Breiten ließen sich in geologisch ähnliche Regionen wie Polen, Weißrussland und die baltischen Republiken übertragen. Auch in den USA wird zur Zeit sehr viel Geld für die Erforschung der Uferfiltration investiert. Für viele Entwicklungsländer wäre sie eine willkommene Möglichkeit, die Bereitstellung von Trinkwasser zu verbessern, obgleich die Verschmutzung der Gewässer dort oft außerordentlich kritische Maße angenommen hat. Umso dringlicher ist der Bedarf an Grundlagenwissen und Prozessverständnis, das technologisch umsetzbar wäre. „Solange wir selbst dieses Geschehen nicht verstanden haben, ist es in andere Gebiete nicht übertragbar“, sagt Nützmann, doch er sagt es vor einem durchaus optimistischen Hintergrund.

Seit kurzem läuft im Kompetenzzentrum Wasser Berlin das zunächst auf drei Jahre veranschlagte Forschungsprojekt NASRI (Natural and Artificial Systems for Recharge and Infiltration). Es soll Licht in die „Black-box“ Uferfiltration bringen. NASRI führt Spezialisten der drei Berliner Universitäten, des Umweltbundesamtes und der Berliner Wasserbetriebe mit Experten des IGB an einen Tisch. „Teamarbeit vom gemeinsamen Experiment bis zum mathematischen Modell – das hat es so in Berlin bisher nicht gegeben“, freut sich Gunnar Nützmann. „Das Vorhaben in seiner Komplexität ist einmalig. So können wir die hydrologischen, hydrogeologischen, hydrochemischen, geochemischen und biologischen Prozesse aufklären und in ihren Zusammenhängen darstellen.“

Am Ende das Know-how

Die Laborversuche und ersten Freilandexperimente an der Versuchsanlage Marienfelde des Umweltbundesamtes (siehe Abb.) sind angelaufen. Dort lässt sich die Uferfiltration präzise simulieren, der Weg ausgewählter Stoffe in mehreren Grundwassermessstellen verfolgen. Mit Modellen können diese Versuche ausgewertet und die Ergebnisse für weitere Experimente bereitgestellt werden. Begleitende Feldversuche laufen am Tegeler See und am Wannsee. Auch die Grundwasseranreicherungsanlage des Wasserwerks Tegel wird in das Projekt einbezogen. Das Grundwasser wird dabei über spezielle Sickerbecken mit aufbereitetem Oberflächenwasser aus dem Tegeler See künstlich angereichert. „Das Prinzip ist ähnlich wie bei der Uferfiltration, nur spielt hier die belüftete Bodenzone eine besondere Rolle“, sagt Nützmann, der sich wünscht, „am Ende das Know-how zu haben, wie man den Prozess der Uferfiltration steuern kann.“ Dann ließen sich bestehende Anlagen optimieren und neue Trinkwassergewinnungsanlagen – nicht nur in Deutschland – nach dieser Technologie planen.

Ansprechpartner:

Prof. Dr. Gunnar Nützmann

Tel.: 030 64 181 661

e-mail: nuetzmann@igb-berlin.de

Zuviel Nährstoffe, zu wenig Heilerfolg

Die Therapie belasteter Seen erweist sich als schwierig. „Learning by doing“ nicht empfehlenswert. Rückblick auf einen Workshop

Von Dr. Michael Hupfer und Dipl.-Ing. Jörg Lewandowski, Institut für Gewässerökologie und Binnenfischerei (IGB)

Ein großer Teil der Seen in Berlin/Brandenburg ist übermäßig mit Nährstoffen belastet (eutrophiert). Neben Maßnahmen zur Lastsenkung im Umland existieren derzeit mehr als 50 Technologien für Therapien direkt am Wasserkörper oder Sediment. Doch oft ist der Erfolg mager oder bleibt ganz aus. Auch Scharlatane sind am Werk.

Auf einem dreitägigen Workshop, veranstaltet vom Institut für Gewässerökologie und Binnenfischerei (IGB) bei Blossin am Wolziger See, erörterten 90 Fachleute aus Ingenieurbüros, Wasserwirtschaft, Hochschulen und Forschungseinrichtungen dieses Problemfeld. Wir baten die Autoren um eine Wertung des Workshops, der im Rahmen des BMBF-Projekts „Steuerung der Phosphor-Retention in Sedimenten durch seeinterne Maßnahmen. Erarbeitung eines wissenschaftlichen Konzepts für den Einsatz von Restaurierungsverfahren“ stattfand.



Foto: IGB/Jörg Lewandowski

Algenmatten am eutrophierten Auensee in Leipzig.

Die Eutrophierung ist weltweit eines der häufigsten Gewässergüteprobleme. Sie fördert die Massentwicklung von Algen, das Auftreten toxischer Cyanobakterien, führt zum Verlust der Artenvielfalt, zu Sauerstoffschwund und Fischsterben und ist mit einer oft unerträglichen Geruchsbelästigung verbunden. Eutrophierung schränkt eine Reihe von Nutzungen wie Trinkwassergewinnung, Fischerei und Erholung beträchtlich ein. Im Gegenzug wird versucht, durch Maßnahmen im Einzugsgebiet (Sanierung) und im See selbst (Restaurierung) das Gewässer zu therapieren. Interne Maßnahmen werden auch als Ökotechnologien bezeichnet. Sie nutzen und optimieren ökologische Wirkprinzipien.

Externe Belastungen

Seit langem wird davon ausgegangen, dass Phosphor als limitierender Nährstoff der entscheidende Faktor für die Primärproduktion in Seen und Talsperren ist; er bildet damit den aussichtsreichsten Ansatzpunkt für eine Trophieverminderung. Die punktuellen Lastquellen des Phosphors konnten dank Abwasserreinigung und Einsatz phosphatfreier Waschmittel stark vermindert werden; zurzeit neh-

men jedoch die diffusen Nährstoffeinträge über Grundwasser und Abschwemmung zu. Indes zeigen Beispiele, dass sich durch „gute fachliche Praxis“ bei der Bewirtschaftung landwirtschaftlicher Flächen im Einzugsgebiet die diffusen Phosphor-Einträge in Gewässern vermindern lassen. Solche Landnutzungsänderungen können nur schrittweise realisiert werden, sie müssen im Konsens mit den Nutzern erfolgen. Eine weitere Strategie zur Verminderung der diffusen Einträge besteht darin, ursprüngliche Elemente der Landschaft wie Niedermoore, die als Senken für Phosphor wirken können, wieder in Funktion zu setzen.

Das oft geäußerte Argument, Stickstoffmüsse unbedingt in Kläranlagen eliminiert werden, weil er gelegentlich die Primärproduktion limitiert, wurde während des Workshops als nicht stichhaltig angesehen, da Nitrat sehr wirkungsvoll in Gewässern eliminiert wird. Die Minimierung des Nitratangebots kann die Rücklösung von Phosphor aus den Sedimenten erhöhen, da das Redoxpotenzial sinkt. Der Mangel anorganischer Stickstoffkomponenten im Wasserkörper führt außerdem dazu, dass sich unerwünschte stickstofffixierende Cyanobakterien besonders gut vermehren.

Seeinterne Maßnahmen

Die Gesundung von Seen nach Beseitigung der externen Belastung benötigt unterschiedlich viel Zeit. Seeinterne Maßnahmen helfen, einen bestimmten Zustand schon eher zu erreichen. Ist keine ausreichende externe Lastsenkung möglich, können interne Maßnahmen die fehlende Lastsenkung bis zu einem gewissen Grad kompensieren. Ein solches integriertes Gewässermanagement als Kopplung von externen und internen Maßnahmen kann bei gleichem Kosteneinsatz deren Wirkung erhöhen. In der Regel können seeinterne Maßnahmen aber die längerfristige Sanierung des Einzugsgebiets nicht ersetzen. Es gibt derzeit mehr als 55 technische Verfahren, die auf einen See anwendbar sind. Einige innovative Ökotechnologien befinden sich noch in der Entwicklung.

Entscheidungsprozesse

Eine kritische Analyse der in Deutschland durchgeführten Maßnahmen zeigt, dass die tatsächlichen Auswirkungen von seeinternen Verfahren oftmals weit hinter den Erwartungen zurückblieben. Warum die geringe Erfolgsquote? Weil die Voraussetzungen für deren Anwendung nicht geprüft wurden und nicht gegeben waren. Das häufig postulierte Vorgehen „learning by doing“ ist nicht mehr zeitgemäß, denn die Auswirkungen eines Eingriffs lassen sich auf der Grundlage entsprechender Zustandserhebungen mit dem heutigen Wissenstand in vielen Fällen vorhersagen.

Der Workshop widmete sich deshalb der Frage, wie man zur optimalen Entscheidung kommt. Zuerst wird das Entwicklungsziel festgelegt, das sich am potenziell natürlichen Zustand und den Nutzungsabsichten orientieren muss. Mathematische Modelle helfen, die wesentlichen Prozesse und deren Steuergrößen zu erkennen sowie den notwendigen Datenbedarf zu ermitteln. Ähnlich wie bei einfachen Entscheidungshilfen oder Expertensystemen können sie durch den Vergleich von Alternativen zur Objektivierung im Entscheidungsprozess beitragen.

Fortsetzung auf der nächsten Seite

Turbulenzen und Lebensvorgänge im Wasser

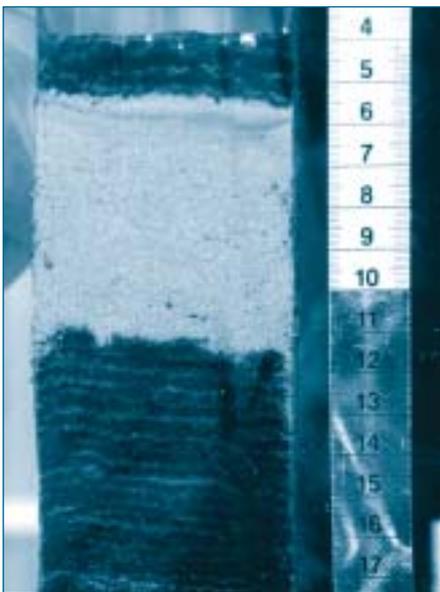
Hydrodynamik und Populationsdynamik erstmals gekoppelt

Von Christof Engelhardt, Institut für Gewässerökologie und Binnenfischerei (IGB)

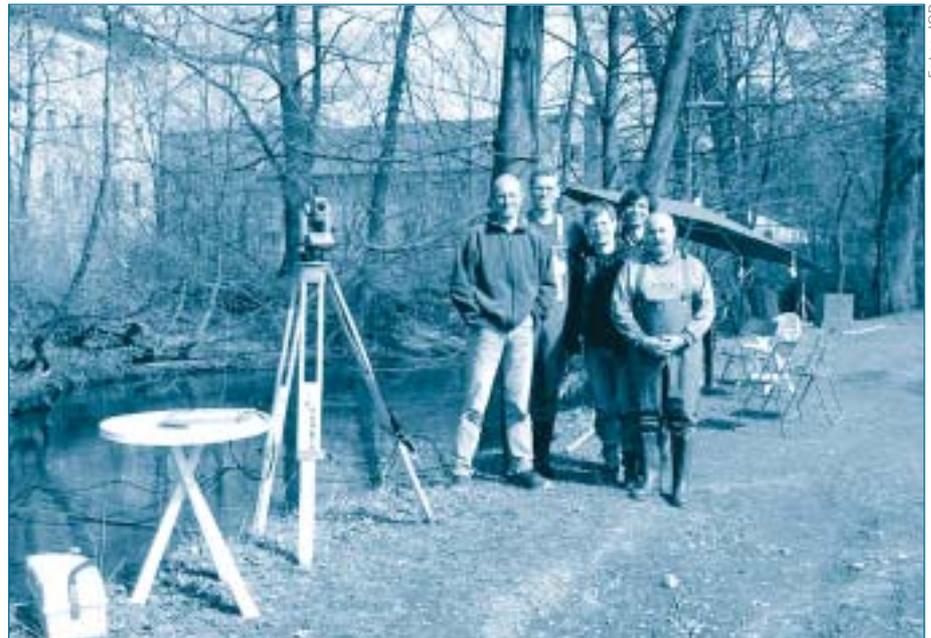
Unseriöse Verfahren

Die Workshop-Teilnehmer stellten fest, dass gegenüber Verkäufern von unwissenschaftlichen Verfahren bisher zu passiv aufgetreten wird. So werden etwa zum Abbau organischer Schlämme Verfahren angeboten, die mit „hochfrequenten elektromagnetischen Feldern“, mit „transmateriellen Katalysatoren“, mit „informierten“ Materialien oder Geräten arbeiten. Von keinem der Verfahren sind naturwissenschaftlich gesicherte Begleit- und Nachuntersuchungen bekannt, welche die angeblichen Erfolge belegen. Die Anbieter dieser Verfahren bevorzugen als Zielgruppe kleine Gemeinden und Kommunen. Sie unternehmen erhebliche Anstrengungen, um eine kritische Auseinandersetzung mit ihren Verfahren juristisch zu verhindern, haben sie doch nur dann eine Chance, wenn die Entscheidungsträger uninformatiert sind. Diesem Mangel an Information entgegenzuwirken, war ein weiteres Ziel des erfolgreichen Workshops.

Ansprechpartner: Dr. Michael Hupfer, Dipl.-Ing. Jörg Lewandowski; Tel.: 030 64181 605 e-mail: hupfer@igb-berlin.de & lewe@igb-berlin.de



Restaurierungsmaßnahmen lassen sich auch nach Jahren noch im „Gedächtnis“ des Sees, dem Sediment, erkennen – hier Seekreideabdeckung am Arendsee 1995.



Fotos: IGB

Das internationale Team des Feldexperiments (v.l.n.r.): Dr. Wim S.J. Uijtewaal, Stud. Bram C. van Prooijen (beide TU Delft), Dr. Alexander Sukhodolov, Dr. Christof Engelhardt, Dr. Heinz Bungartz (IGB).

„Solange wir nicht verstehen, wie sich das Wasser bewegt und vermischt, solange werden wir auch seine Chemie und Biologie nicht interpretieren können.“

J. Imberger, Laureat des „Stockholmer Wasser-Preises“ 1997

Das Zitat trifft unser Grundverständnis von der Rolle der Hydrodynamik in der Limnologie: Wir wollen klären, welchen Einfluss die turbulente Strömung natürlicher Binnengewässer auf physikalische, chemische und, letztlich vor allem, biologische Prozesse hat. Dabei stehen in unserer Arbeitsgruppe die Fließgewässer im Vordergrund. Hier ist die Strömung in besonderer Weise dominant.

Die „starke Abhängigkeit“ der biologischen Prozesse von der Strömung bedeutet nicht zwangsläufig, dass die Strömung selbst stark sein muss, um wichtig zu sein. Oft haben gerade die (auf den ersten Blick uninteressanten) Eigenschaften der Sekundärströmungen entscheidenden Einfluss auf die Lebensqua-

lität von aquatischen Lebewesen. So ist ein Jungfisch von ca. einem Zentimeter Länge noch nicht kräftig genug, um in der Flussmitte schwimmen zu können – er würde dort von der Strömung fortgerissen werden. Seine Überlebenschance (und damit die seiner Art in dem gegebenen Fließgewässer) hängt auch davon ab, ob es vor Ort genügend große Flachwasserbereiche und Rückströmzonen mit kleinen Strömungsgeschwindigkeiten gibt. Oft reichen jedoch solche qualitativen Aussagen nicht aus. (Im gegebenen Beispiel benötigt man dafür auch noch keinen Hydrodynamiker.)

Algendynamik zwischen Elbe-Buhnen

Gefragt sind Antworten auf der Basis quantitativer Analysen, wenn es beispielsweise um die Frage geht, wie Schifffahrtswege verändert werden müssen, um Lebensräume für Flussfische zu erhalten. Solche Antworten wollen wir geben können. Um biologisch relevante Strömungsverhältnisse zu beschreiben und voraussagen, kombinieren wir



Messung von Turbulenzcharakteristiken mit Hilfe der Particle-Tracking-Velocimetry-Technik (Lagrange'sche Methode).

Feldexperiment und Modellsimulation. Noch einen Schritt weiter gehen wir, wenn es uns gelingt, Modelle, die den biologischen Prozess beschreiben (z.B. ein Phytoplankton-Wachstumsmodell) direkt an das hydrodynamische, z.B. an ein turbulentes Particle-Tracking-Modell, anzukoppeln.

Mit einem solchen Modell, das die Populationsdynamik der Algen an die Hydrodynamik in den Bühnenfeldern der Elbe koppelt, kann man schließlich die Rolle der Rückströmzonen für die sommerliche Algenblüte verstehen.

Paläohydrologisches Flussbild

Aussagen auf der Basis hydrodynamischer Forschung müssen nicht zwangsläufig nach vorn, d.h. in die Zukunft gerichtet sein. Wie in der Paläolimnologie, wo man aus fossilen Kieselalgen auf die Umweltbedingungen zu

Lebzeiten dieser Algen schließt, versucht man in der Paläohydrologie, retrospektiv die hydraulischen Verhältnisse eines Flusses zu bestimmen. Dabei verwendet man die (oft nur unvollständig erhaltenen) Spuren vergangenen hydraulischen Wirkens in den geologischen Formen von heute. Die Güte retrospektiver Modellierung hängt dabei ganz wesentlich auch von unserem Vermögen ab, die reale Strömung in einem mäandrierenden Fluss von heute adäquat zu beschreiben. Wir versuchen für die Müggelspree hauseigene, paläolimnologische Untersuchungen mit unseren hydrodynamischen Untersuchungen so zu verbinden, dass wir z. B. die anthropogen unbeeinflussten Abflussverhältnisse dieses Flusses wiedererkennen.

Damit kommt der Strömungsuntersuchung von natürlichen Flüssen auch als eigenständiger Disziplin große Bedeutung zu. Sie unterscheidet sich von anderen Zweigen der Hydrodynamik dadurch, dass hier einerseits die Grenzen des Strömungsgebiets (Fließbett) von der Strömung (Fluss) selbst verändert werden, und andererseits jede morphologische Deformation des Betts auf die Strömungseigenschaften zurückwirkt. Die komplizierten Wirkungsmechanismen dieses gekoppelten Systems „Fluss – Fließbett“ hat der Mentor der russischen Hydrodynamik, K. Grishanin, als das vielleicht vollkommenste selbstregulierende System der nicht-organischen Welt bezeichnet.

Feldexperiment mit der TU Delft

Im April diesen Jahres hat ein gemeinsames Feldexperiment von Hydrodynamikern der Technischen Universität Delft und des IGB stattgefunden, um die Turbulenz in natürlichen Flüssen mit unterschiedlichen Eigenschaften des Fließbetts zu erforschen. In beiden Instituten entwickelte Methoden zur Eulerschen und Lagrange'schen Turbulenzstatistik sind an einem Untersuchungsobjekt zeitgleich zum Einsatz gekommen. Während für die Eulerschen Betrachtungen Messungen der Geschwindigkeitsfluktuationen an ortsfesten Punkten im Fluss notwendig sind, verlangen die Lagrange'schen Methoden die Verfolgung der Bewegung von Partikeln entlang ihrer Bewegungsverläufe (Trajektorien). Diese letzteren Methoden, die an der TU Delft entwickelt wurden, sind hier erstmals parallel zu den vom IGB perfektionierten Feldmesstechniken mit akustischen Doppler-Velocimetern (ADV) an natürlichen Fließgewässern eingesetzt worden. Es gelang, die Skalen kohärenter Turbulenzstrukturen und damit die Übertragbarkeit von Laborergebnissen auf natürliche Strömungsverhältnisse abzuschätzen.

Ansprechpartner: Dr. Christof Engelhardt

Tel.: 030 64181 664

e-mail: engel@igb-berlin.de

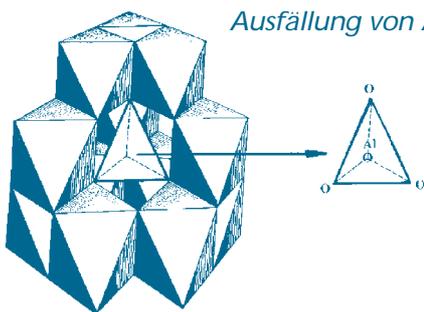
Messungen der transversen Korrelationsfunktion mit drei akustischen Doppler-Geschwindigkeitssonden (Eulersche Methode).



Aluminiumflocken in Fließgewässern

Ausfällung von Aluminium unter Beteiligung des IGB aufgeklärt. Veröffentlichung in „Science“

Abb.: IGB/Rosemarie Pöthig



Struktur des Al-13-Komplexes der Formel $AlO_4Al_{12}(OH)_{24}(H_2O)_{12}^{7+}$, in dem ein in der Mitte befindliches AlO_4 -Tetraeder über gemeinsame Sauerstoffatome mit 12 kantenverknüpften AlO_6 -Oktaedern verbunden ist.

In Flüssen mit Zulauf aus Bergbaubereichen bilden sich oft watteartige weiße Flocken. Deren Entstehung, Zusammensetzung und chemische Struktur haben nun Wissenschaftler aus Deutschland, der Schweiz und den USA aufgeklärt. Die Autoren, zu denen Dr. Rosemarie Pöthig aus dem Institut für Gewässerökologie und Binnenfischerei (IGB) gehört, berichteten darüber in *Science* (Bd. 297, S. 2245). Sie weisen nach, dass die weißen Flocken beim Zusammenfluss von sauren aluminiumhaltigen Bergbau-Abwässern mit neutralen Oberflächengewässern entstehen. Dabei bilden sich zunächst Al-13-Komplexe, die 13 Aluminium-, 40 Sauerstoff- und 48

Wasserstoffatome enthalten und ein spezielles Al-O₄-Zentrum aufweisen. In weiteren Reaktionen lagern sich diese Komplexe zu noch größeren Verbänden zusammen und bilden die Aluminiumflocken. „Bisher konnte man solche Al-13-Komplexe nur aus dem Labor“, sagt Rosemarie Pöthig.

In Bergbauregionen, in denen meist auch Schwermetalle in die Gewässer gelangen, koppeln diese giftigen Schwermetalle an die Aluminiumflocken an und können mit diesen im Flussbett abgelagert oder von der Strömung über weite Strecken verschleppt werden. Rosemarie Pöthig ist der Auffassung, dass die Aufdeckung des Chemismus' und der Transportmechanismen dieser Verbindungen langfristig helfen können, die Belastung in betroffenen Gewässern zu reduzieren. „Indem man sie gezielt beeinflusst, könnte man eines Tages die Aluminiumflocken mitsamt ihrer Schwermetallfracht aus dem Gewässer entfernen.“

Zur Geschichte dieser Entdeckung berichtet Rosemarie Pöthig:

„Ein Doktorand der TU Dresden, Kai-Uwe Ulrich, beobachtete weißliche Ausfällungen in Bächen im Erzgebirge und Thüringen. Er bat mich, ihm bei der Charakterisierung behilflich zu sein, da die Charakterisierung von

Feststoffen mein Spezialgebiet ist. Aus unserer Zusammenarbeit entstanden mehrere Publikationen, worin wir über die wahrscheinliche Beteiligung des Al-13-Komplexes in den Fällprodukten aufgrund der IR- und NMR-Untersuchungen berichteten. Schon während der Bearbeitung hatten wir Kontakt zu Dr. Gerhard Furrer von der ETH Zürich, der vor 1999 Al-13-Sulfate im Labor hergestellt hat. Er übergab uns – wie auch Prof. Geßner aus dem ACA in Berlin-Adlershof – ein Al-13-Sulfat zu Vergleichszwecken. Anlässlich eines Arbeitsaufenthaltes von Dr. Furrer in Kalifornien wurden ähnliche Fällprodukte untersucht. Aus unseren und den in Kalifornien erarbeiteten Daten erwuchs die Science-Publikation.“

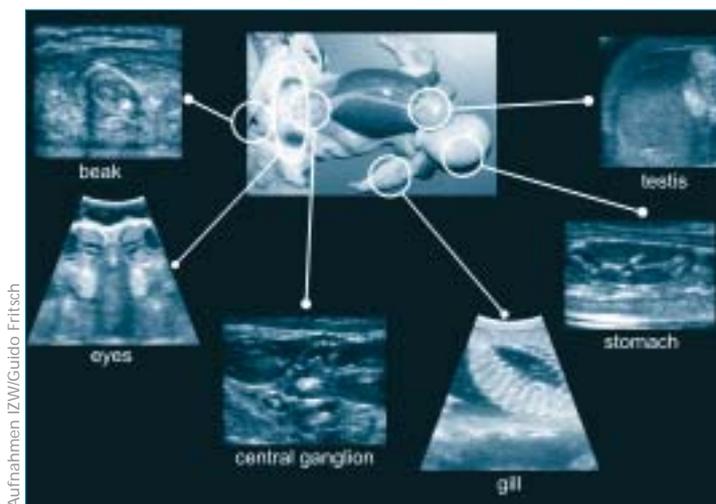
Während die vorangegangenen Arbeiten den Reinigungsmechanismus durch Ausfällung des gelösten Aluminiums und mitunter auch des Phosphats aus dem Wasserkörper in den Mittelpunkt stellten, wird im Science-Artikel der Schwerpunkt auf die Mitfällung der Schwermetalle und ihren Transport mittels der Al-Flocken gelegt.

Ansprechpartner: Dr. Rosemarie Pöthig
Tel.: 030 64181 674
e-mail: poethig@igb-berlin.de

Wildtierforschung – auch unter Wasser?

IZW-Untersuchungen an Kraken helfen Weg für künftige Zuchtprogramme zu bahnen. US-Forscher an gemeinsamem Projekt interessiert

Der Oktopus oder Krake wird gern in unseren Zooaquarien ausgestellt. Seine ungewöhnliche Erscheinung, umrankt von mystischen Legenden, weckt bei Betrachtern großes Interesse. Dabei ist die Haltung von Kraken in Menschenhand nicht unproblematisch. Bisher gibt es kaum Erkenntnisse über seine Lebensbedürfnisse sowie darüber, welche Mittel geeignet wären, seinen Gesundheits- und Ernährungszustand zu untersuchen. Zunächst ist schon die Geschlechtsbestimmung bei den zu den Kopffüßlern gehörigen Tieren sehr schwierig. Deshalb konnte man bisher auch keine Zuchtprogramme entwickeln. Die Vermeh-



Aufnahmen IZW/Guido Fritsch

Ultraschallbilder verschiedener Organe (Schnabel, Augen, Gehirn, Kiemen, Magen, Hoden) sowie der postmortalen Präparation eines *Octopus vulgaris*. Die Ultraschallbilder sind dem jeweiligen Korrelat der Präparation durch entsprechende Kennzeichnung zugeordnet.

rung im Zoo gelingt nur sehr selten und eher zufällig. Gegenwärtig werden die in Schauaquarien gezeigten Tiere regelrecht „verbraucht“ und nach ihrem Ableben durch Wildfänge ersetzt.

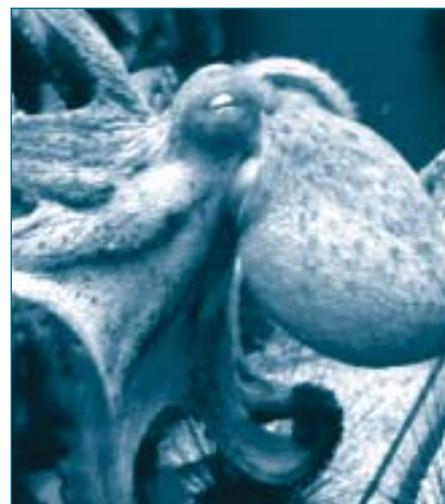
Auf dem Symposium der amerikanischen Zootierärzte in Milwaukee im Oktober dieses Jahres stellte Guido Fritsch, Tierarzt im IZW, seine Arbeit über Ultraschall bei Kraken vor. Er hatte in der Vergangenheit mehrere Arten, darunter den europäischen Gemeinen Kraken (*Octopus vulgaris*) und den pazifischen Riesenoktopus (*Enteroctopus dofleini*), mit Hilfe des medizinischen Ultraschalls ausgiebig untersucht. Eine speziell an den feuchten Lebensraum angepasste Untersuchungstechnik

erlaubte es, damit erstmals auch die ungewöhnlichen anatomischen Verhältnisse des Kraken sichtbar zu machen: Beispielsweise verläuft mitten durch das ringförmig ausgebildete Gehirn des Kraken die Speiseröhre. Fritschs Untersuchungstechnik, die für lebende Kraken entwickelt worden ist, stieß bei den amerikanischen Kollegen auf großes Interesse mit der Option künftiger gemeinsamer Projekte. Diese Forschung wird helfen, die Haltung der Art *Octopus* in unseren Zooaquarien nachhaltig zu verbessern.

Ansprechpartner: Tierarzt Guido Fritsch

Tel.: 030 6851 719

e-mail: fritsch@izw-berlin.de



Lebender Krake im Aquarium.

Partnerwahl in Hyänenclans

Dr. Bettina Wachter (IZW) erforscht männliche Tüpfelhyänen in einer weiblich dominierten Gesellschaft. Preis im Poster-Wettbewerb



Eine Tüpfelhyänenmutter mit ihrem neuen Wurf. Das Geheimnis der Vaterschaften kann heute erforscht werden.

Einen zweiten Preis im Poster-Wettbewerb errang Dr. Bettina Wachter (IZW) beim „4. International Symposium on the Physiology and Behaviour of Wild and Zoo Animals“, das vom 29. September bis 2. Oktober 2002 in Berlin (Erkner) stattfand. Mit dieser Platzierung würdigten die Teilnehmer des Symposiums die Arbeiten der Verhaltensökölogin zum Sozial- und Paarungsverhalten von männlichen Tüpfelhyänen im Ngorongoro-Krater in Tansania.

Frau Wachter ging in ihrer Untersuchung der Frage nach, inwieweit hochrangige männliche Tüpfelhyänen Weibchen „monopolisieren“ können, und ob ein solches Verhalten durch einen entsprechend höheren Reproduktionserfolg dieser Männchen belohnt wird. Die Gruppen der Tüpfelhyänen, so genannte

Clans, sind weibchendominante Gemeinschaften. „Monopolisierung“ ist als ein „Beschatten“ von Weibchen zu verstehen, wobei die Männchen diesen in diskreter Distanz für mehrere Tage oder Wochen folgen. Obwohl diese Männchen sehr viel in den Aufbau sozialer Beziehungen mit den Weibchen investierten, kamen sie bei der Vererbung ihrer Gene dennoch nicht immer zum Zug. Das hat die Vaterschaftsuntersuchung des Nachwuchses mit Hilfe des molekularen Fingerabdrucks ergeben. In Clans mit vielen Männchen hatten hochrangige Männchen den größten reproduktiven Erfolg, in mittelgroßen und kleinen Clans dagegen nicht. Dort zeugten auch tiefer-rangige Männchen regelmäßig Nachkommen, obwohl sie Weibchen nur selten beschateten. Der zusätzliche Befund, dass aufeinander-

folgende Würfe von Tüpfelhyänenweibchen fast immer von unterschiedlichen Männchen gezeugt wurden, deutet darauf hin, dass bei diesen Tieren die Weibchenwahl eine wichtige Rolle spielen könnte. Damit wären die unterschiedlichen Reproduktionserfolge von Männchen in verschiedenen großen Clans zu erklären: Haben die Weibchen viele hochrangige Männchen zur Auswahl (wie in großen Clans), dann zeigen hochrangige Männchen den größten reproduktiven Erfolg. Stehen dagegen nur wenige Männchen zu Verfügung, werden alle zum Zuge kommen, da die Wahl unter hochrangigen Männchen minimal ist.

Warum Weibchen ihre Partner regelmäßig wechseln, ist noch nicht vollständig aufgeklärt. Vermutlich führt häufiger Partnerwechsel zu einer größeren genetischen Variabilität unter den Nachkommen. Dies könnte die Jungtiere resistenter gegen Krankheiten machen und ihre Überlebenswahrscheinlichkeit erhöhen.

An den Forschungen im Ngorongoro-Krater ist neben Dr. Bettina Wachter auch Dr. Oliver Höner beteiligt. Die Arbeiten stehen unter Leitung von Prof. Heribert Hofer und Dr. Marion East, die das Tüpfelhyänenprojekt 1987 in der angrenzenden Serengeti begründet haben.

J.M.

Ansprechpartnerin: Dr. Bettina Wachter

Tel.: 030 51 68 609

e-mail: wachter@izw-berlin.de

Leistungsschau der Verhaltensforschung

Internationales Symposium des IZW fokussiert Wissen und Methoden zur Erforschung der Zoo- und Wildtiere.



Foto: IZW/ Martin Dehnhard

Symposiumsatmosphäre, konzentriert-kreativ und familiär.

Für drei Tage war Berlin „Hauptstadt der Zoo- und Wildtiere“. Auf Einladung des Instituts für Zoo- und Wildtierforschung (IZW) trafen sich vom 29. September bis 2. Oktober 2002 rund 200 Experten aus 27 Ländern (darunter Neuseeland, Südafrika, Japan und Kanada) zum 4. Internationalen Symposium über die Physiologie und Ethologie der Zoo- und Wildtiere. Dieser Kongress hat sich als eine der international angesehensten Tagungen über Zoo- und Wildtiere etabliert, wie die ständig steigenden Teilnehmerzahlen der letzten Jahre bestätigen.

Die Grundlagen der Lebensgeschichte und Fortpflanzung, des Gesundheitsstaus und der Erkrankungen von Wildtieren sind noch wenig bekannt. Meist sind lange Generationszeiten anzusetzen, um überzeugende Ergebnisse vorzulegen. Für alle Bereiche des Natur- und Artenschutzes besteht jedoch ein ständig steigender Erklärungsbedarf, den die Wildtierforschung – vor allem im Hinblick auf die Arterhaltung und das Management bedrohter Populationen – mit verwertbaren Ergebnissen zu bedienen hat. Die diesjährige Tagung wurde traditionell wieder im Bildungszentrum Erkner durchgeführt.

Zu Plenarvorträgen (Management und Altern von Zootieren, Genetik in der Wildtierforschung, Fortpflanzungsmanagements für die Arterhaltung) konnten international hochrangige Wissenschaftler eingeladen werden. Prof. D. Broom (Cambridge Universität, England) brachte zum Ausdruck, dass Verhalten und Körperfunktionen von Tieren ihrem natürlichen Habitat angepasst sind – mit genügend Spielraum, um auch mit vorübergehend

unwirtschaftlichen Bedingungen zurecht zu kommen. Aus dem Verständnis dieser Anpassungsmechanismen und ihrer Grenzen, so Broom, ergeben sich Kriterien zur objektiven Beurteilung des Wohlbefindens der Tiere in Gefangenschaft. Prof. W. Sutherland (East Anglia Universität, England) sprach sich für mathematische Modelle zur Populationsentwicklung von Tieren aus, die auch Einflüsse der globalen Erwärmung, der Einschränkung des Lebensraums durch den Menschen und der Einbringung genetisch veränderter Pflanzen berücksichtigen. Dr. Cheryl Asa (Zoo St. Louis, USA) berichtete über neue Trends bei der Anwendung von modernen Verfahren der assistierten Reproduktion bei Zootieren. Sie stellte außerdem die Tätigkeit der „Contraception Advisory Group (CAG)“ der Welt-Zoo-Organisation vor, deren Vorstand sie angehört. Die CAG erfasst alle Zootiere, die einer Empfängnisverhütung unterzogen werden, verfolgt deren Reproduktion- und Gesundheitsstatus und macht diese Daten über Internet allen Zootierärzten weltweit verfügbar. Dr. Andrew Kitchener (Nationales Museum, Edinburgh, Schottland) stellte dar, dass wegen des hohen Alters von Zootieren – in deutlichem Gegensatz zu ihren freilebenden Artgenossen – sich eine Vielzahl von Gesundheitsproblemen akkumuliert, die in freier Wildbahn kaum auftreten. Das wird erst in jüngster Zeit vom Zootiermanagement wahrgenommen; Lösungsansätze werden derzeit entwickelt. Prof. T. Burke (Universität Sheffield, England) skizzierte aktuelle Entwicklungen der Evolutionsgenetik. Er zeigte, wie genetische Techniken traditionelle Klassifikationen des Paa-

rungsverhaltens bei Vögeln ad absurdum führen. Spezies, bei denen lange Zeit eine strenge Monogamie vermutet wurde, konnten auch „Seitensprünge“ nachgewiesen werden.

Zusätzlich zu den 5 Plenarvorträgen kamen 69 Wissenschaftler(innen) in zehnmütigen Kurzvorträgen zu Wort. Weitere Arbeitsberichte wurden in Form von Postern dargestellt. Nicht nur Elefanten und Bären, sondern auch kleinere Tierarten, wie Murmeltiere, Hasen und Fledermäuse, erfreuten sich der Aufmerksamkeit der Experten. Es gab neueste Einblicke in nicht-invasive Methoden und neue Messverfahren aus der Endokrinologie (Hormonforschung) und in bildgebende Verfahren, die unerlässlich sind, um Befunde zum Fortpflanzungsstatus, zur Stressbelastung und zum Gesundheitszustand von Tieren zu erfassen und objektivieren. Außerdem wurden mehrere Workshops durchgeführt. (Nicht-invasives Monitoring, Kommunikation, Ultraschall, Chronobiologie und -ökologie im Tierreich; artgerechte Tierhaltung, Altern von Tieren) Zur wachsenden Internationalität des Symposiums hat beigetragen, dass es dem IZW gelungen ist, bei der Deutschen Forschungsgemeinschaft 20 Stipendien für Wissenschaftler(innen) aus den Staaten Mittel- und Osteuropas einzuwerben. Die Tagung vertiefte die Kontakte zu Wissenschaftlern in Polen, den baltischen Ländern, Russland, Tschechien, Ungarn und anderen Staaten. Hervorzuheben ist die exzellente Betreuung der Symposiumsteilnehmer durch die Mitarbeiter(innen) des IZW, die zu einer konzentriert-kreativen, aber auch familiären Symposiumsatmosphäre beitragen.

Ansprechpartner: Dr. Martin Dehnhard

Tel.: 030 5168-608

e-mail: dehnhard@izw-berlin.de



Grafik: IZW/Martin Dehnhard

Logo eines Workshops.

Hirschartige unter der Lupe

Die Forschungsgruppe Wildtierkrankheiten im IZW untersucht 10 000 Tiere. Künftig sollen vielleicht auch Wildtiere auf TSE getestet werden

Im Zuge der so genannten BSE-Krise ist es zu einem deutlichen Anstieg des Verzehrs an Wildbret gekommen. Die Frage ist aufgetaucht, ob auch bei Hirschartigen (Cerviden) BSE- oder ähnliche Krankheitserreger auftreten könnten. Zwar ist aus Europa ein derartiger Fall noch nicht bekannt, doch ist in den USA bei Hirschen mit der Chronic Wasting Disease (CWD) eine andere Prionen*erkrankung nachgewiesen worden. Auch diese gehört zur Gruppe der Transmissiblen Spongiformen Enzephalopathien (TSE), die – außer bei Rindern (BSE) – auch bei Schafen (Scrapie) sowie beim Menschen auftreten können (siehe Kasten). Hinsichtlich der wildlebenden Wiederkäuer will man in Deutschland jetzt Sicherheit erlangen. Dazu wurde im August diesen Jahres ein Forschungsprojekt gestartet, an dem das IZW federführend beteiligt ist. Finanziert vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (Forschungsplattform TSE-Diagnostik des BMBF) und geleitet von dem Immunologen Dr. Falko Steinbach und dem Virologen PD Dr. Dr. Kai Frölich, läuft es über drei Jahre.

Koordination mit 16 Ländern

Das Projekt hat zwei Schwerpunkte: Zum einen die Validierung und Etablierung von Tests zum Nachweis von TSE. Zu diesem Zweck verfügt die Projektgruppe u.a. über positives Referenzmaterial aus Nordamerika. Zum anderen soll die TSE-Prävalenz in Deutschland bei freilebenden sowie in Gehege gehaltenen Cerviden festgestellt werden. Zu diesem Zweck ist das Screening von 10.000 solcher Tiere erforderlich.

„Unsere erste Aufgabe“ schildert Falko Steinbach das Herangehen, „war eine rein logistische: mit 16 Landesregierungen, 16 Tierseuchenreferaten und 16 Oberforstdirektionen in Verbindung zu treten, um die Bereitschaft zur Zusammenarbeit und die Bereitstellung des großen Materialfundus zu stimulieren.“ Denn zwei Drittel der zu untersuchenden Tiere kommen aus der Jagd, ein Drittel aus Gehegen. „Dabei bekommt man dann auch die weniger angenehmen Seiten des deutschen Föderalismus zu spüren“, resümiert

der Immunologe. Doch geht er davon aus, „dass wir das Probenmaterial – ganze Köpfe nach Möglichkeit – in unsere Pathologie holen können, wo es dann wissenschaftlich analysiert werden kann.“

Risikogruppen

Um ein diagnostisches Verfahren für TSE bei Wildwiederkäuern zu entwickeln, muss geprüft werden, ob der praktizierte BSE-Schnelltest für CWD anwendbar ist. Dazu sind Gewebeproben von erkrankten Tieren notwendig, die aber von deutschen Tieren (erfreulicherweise) bisher nicht vorliegen. „Hier hilft die amerikanische Forschungsgruppe von Prof. E. Williams (Wyoming) mit Referenzmaterial aus ihren Positiv-Kontrollen“, sagt Steinbach. „Während wir im IZW die 10 000 Proben wissenschaftlich bearbeiten, übergeben wir sie für die BSE-Schnelltests an ein darauf spezialisiertes Unternehmen, das Zentrum für Nahrungssicherheit (CENAS AG) in Kulmbach, mit dem wir eng zusammenarbeiten.“

Für die repräsentative Stichprobe werden „Risikogruppen“ von Rothirsch-, Damhirsch- und Rehpopulationen ins Auge gefasst. Ein Risiko könnte vor allem dann gegeben sein, wenn die Tiere aus einem Gebiet stammen, in dem Schafe mit Scrapie-Fällen oder BSE-Fälle bei Rindern aufgetreten sind. Als eine weitere Risikogruppe sind Gehegepopulationen zu vermuten, denen Kraftfutter zugefüttert wurde (überwiegend Rot- und Damhirsch). Auch über diesen Weg ist ein Eintrag des BSE-Erregers theoretisch denkbar.

Erste Ergebnisse der Studie sollen im Frühjahr 2003 vorliegen. Welcher Art diese sein könnten, taxiert Dr. Steinbach so: „Sei es, dass wir einen Krankheitsfall ermitteln oder sei es, dass wir überhaupt keine positiven Fälle finden, das Projekt hat in jedem Falle einen Nutzen für unser Verständnis von Wildtierkrankheiten und den Verbraucherschutz“.

Joachim Mörke

* infektiöse Form eines körpereigenen Proteins (im Gehirn und Nervensystem)

Ansprechpartner:

Dr. Falko Steinbach

Tel.: 030 5168 206

e-mail: Steinbach@izw-berlin.de

PD Dr. Dr. Kai Frölich

Tel: 030 5168 728

e-mail: froelich@izw-berlin.de

Vor 1980 waren TSE (Transmissible Spongiforme Enzephalopathie)-Befunde bei nur vier Spezies bekannt: Scrapie bei Schaf und Ziege, TME beim Nerz, Kuru, Creutzfeldt-Jakob-Krankheit (CJK) und Gerstmann-Sträussler-Scheinker Syndrom (GSS) beim Menschen und eben CWD bei Hirschen. Die Ursache der TSE ist noch nicht vollständig geklärt, obgleich mit der Theorie der deformierten Prionen (Nobelpreis für S. Prusiner 1997) ein Modell für die Ursache der spongiformen Enzephalopathien zur Verfügung steht.

Die Chronic Wasting Disease (CWD) wurde erstmals 1967 bei einem Maultierhirsch in einem Wildpark in Colorado, USA, beobachtet und später als spongiforme Enzephalopathie diagnostiziert. Obgleich in den USA bislang nur bei drei Spezies (Maultierhirsch, Wapiti, Weißwedelhirsch) festgestellt, wird angenommen, dass andere Cerviden ebenso von CWD betroffen sein können.

Klinische Anzeichen der CWD sind ein auffälliger Verlust von Körpergewicht. Befallene Tiere fressen weniger, halten Kopf und Ohren gesenkt, gehen auffällig. Im späteren Verlauf zeigen sich erhöhter Speichelfluss, Ataxie (Muskelstörung), Zittern des Kopfes und weite Fußstellung. Der klinische Verlauf kann sich über wenige Tage bis zu einem Jahr hinziehen, die Krankheit endet immer tödlich.

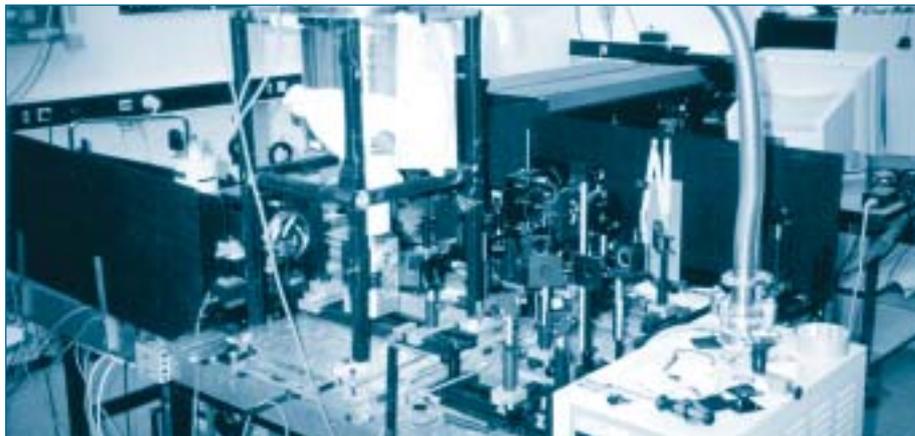
Laserlicht macht Magnetismus sichtbar

Forschungsergebnisse schaffen die Grundlage für bessere Datenspeicher

Hohe Speicherdichte und lange Lebensdauer – das sind die wesentlichen Qualitätskriterien von Datenspeichern. Manfred Fiebig vom Max-Born-Institut und Kollegen von der Universität Düsseldorf sowie vom Physikalisch-Technischen Institut in St. Petersburg haben jetzt mit ihren neuen Erkenntnissen zum Elektromagnetismus die Voraussetzungen für neue, leistungsfähigere Speichermaterialien geschaffen. Ihnen ist der experimentelle Beweis gelungen, dass elektrische und magnetische Eigenschaften von Ferroelektromagneten zusammenhängen. Eine Korrelation dieser Eigenschaften hatten Physiker schon lange vorausgesagt. Bisher stand jedoch der Labornachweis aus. Die Physiker veröffentlichten ihre Forschungsergebnisse kürzlich im renommierten Fachmagazin *Nature*.

Ferroelektromagnetismus ist eine Eigenschaft verschiedener Kristalle. In ihnen haben zusammenhängende Bereiche eine einheitliche magnetische und elektrische Ausrichtung. Diese Gebiete werden als Domänen bezeichnet. Die jeweilige Ausrichtung entsteht dabei zufällig, kann aber durch äußere magnetische oder elektrische Felder verändert werden. Da es jeweils nur zwei mögliche Ausrichtungen gibt, können damit Informationen digital verschlüsselt werden. „Wir konnten nun zeigen, dass beide Eigenschaften zusammenhängen“, sagt Manfred Fiebig. „Also sind durch Messung des elektrischen Zustands in einem Gebiet eindeutige Rückschlüsse auf dessen magnetische Eigenschaften möglich und umgekehrt.“

Für ihre Messungen verwendeten die Wissenschaftler infrarotes Laserlicht. Sie bestrahlten damit Yttriummanganit-Kristalle. Bei einem sehr geringen Teil des eingestrahelten Lichtes halbiert sich durch Kontakt mit den magnetisch oder elektrisch ausgerichteten Bereichen die Wellenlänge. Das austretende Licht ist dann grün. Mit einer extrem lichtempfindlichen Kamera nehmen die Forscher dieses Licht auf. Aus der Analyse der unterschiedlichen Schwingungsrichtungen, der so genannten Polarisation, erhalten sie



Blick auf die Laser-Anlage, die Magnetismus sichtbar macht.

dann Aufschluss über die magnetische und die elektrische Ausrichtung der verschiedenen Gebiete im Kristall. Ähnlich würde man unterschiedliche Informationen gewinnen, wenn man einen Text aus roten und grünen Buchstaben durch eine rote oder eine grüne Folie betrachtet.

Bisher werden Informationen auf Speichermedien auf die gleiche Weise gelesen, wie sie zuvor verschlüsselt wurden. Auf einer Festplatte sind die Daten beispielsweise magnetisch kodiert und werden mit Hilfe von magnetischen Feldern abgelesen. Durch diesen Leseprozess können aber Informationen zerstört werden. Je kleiner der Bereich (die Domäne) ist, die eine Information verschlüsselt, desto größer ist das Risiko. Wenn die Daten jedoch durch elektrische Felder abgelesen werden können, besteht diese Gefahr nicht – und etwa dreimal mehr Informationen könnten auf der gleichen Fläche gespeichert werden.

Die Erkenntnisse der Physiker machen damit den Weg frei für leistungsfähigere und langlebigere Festplatten und Arbeitsspeicher in Computern oder auch in elektronischen Speicherchips anderer Geräte wie etwa Digitalkameras. „Bis zur anwendungsfähigen technische Umsetzung könnten jedoch noch zehn Jahre vergehen“, betont Fiebig. „Letztlich hängt es vor allem davon ab, ob Firmen für die Entwicklung bis zur Serienreife interessiert werden können.“

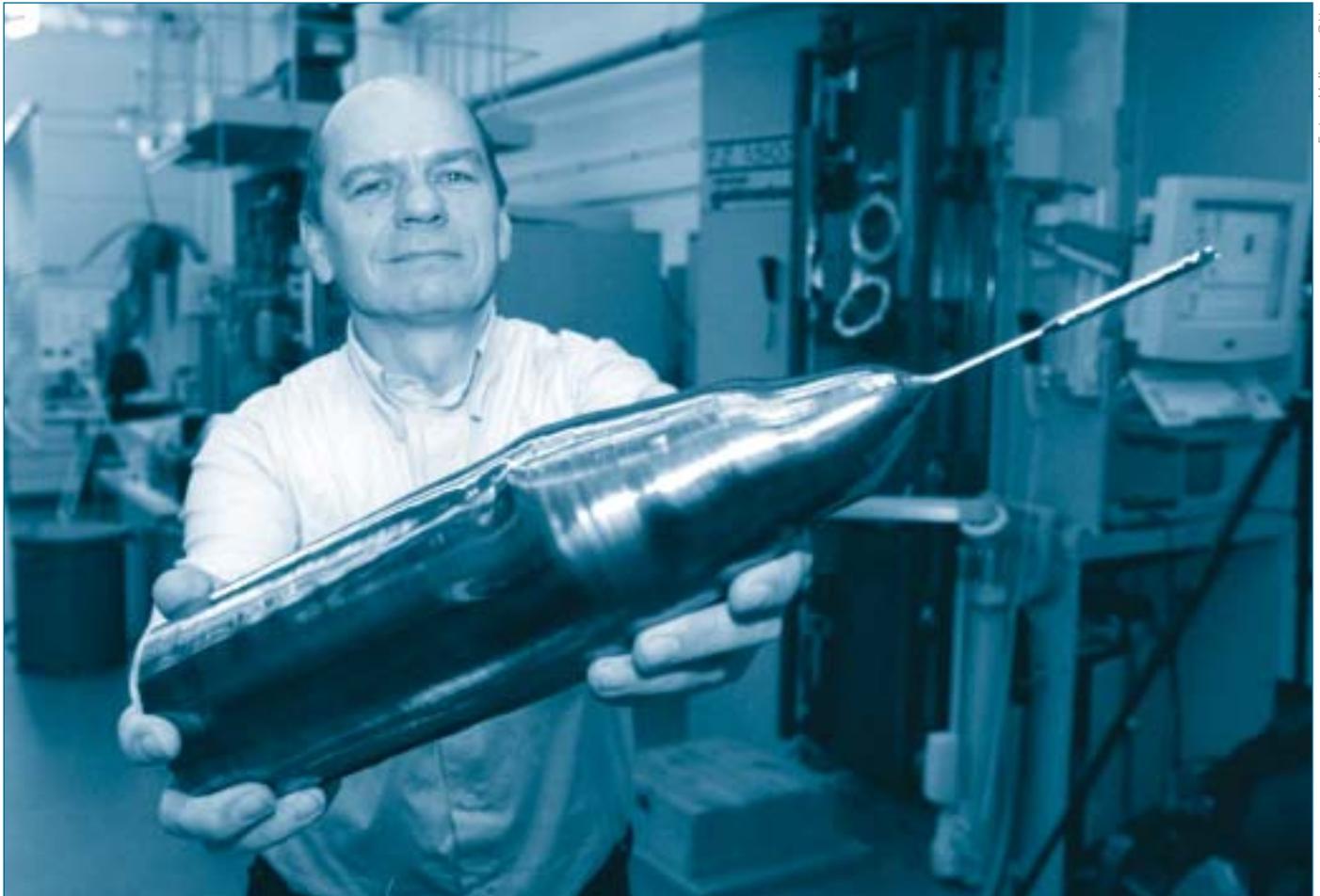
Die Lasermessungen haben Wissenschaftler an der Universität Dortmund durchgeführt. Der Laser dort eignet sich jedoch nicht für alle Materialien und detailliertere Untersuchungen, weil er nur relativ lange Lichtpulse aussenden kann und damit eine verhältnismäßig geringe Leistung hat. „Mit einem leistungsfähigeren Laser lassen sich die magnetischen und elektrischen Domänen besser erforschen. Deshalb suchte ich für die weiteren Messungen nach einem leistungsstärkeren Laser“, erinnert sich Fiebig. „Ich fand ihn am Max-Born Institut.“ Zum Vergleich: Der Laser an der Universität Dortmund sendet Pulse von zehn Nanosekunden Dauer aus. In dieser Zeit legt das Licht eine Strecke von drei Metern zurück. Der Kurzpuls laser am Max-Born-Institut liefert dagegen Pulse von nur 100 Femtosekunden Dauer. In dieser Zeit schafft es das Licht gerade mal, eine Haaresbreite zurückzulegen.

Mit einem Heisenberg-Forschungsstipendium der Deutschen Forschungsgemeinschaft kam Manfred Fiebig deshalb im Mai 2002 von Dortmund nach Berlin. Geplant ist, die intensive Zusammenarbeit mit der Universität Tokio, an der Fiebig zwei Jahre lang geforscht hat, am MBI fortzusetzen. Auch ein Austausch von Wissenschaftlern ist vorgesehen. Außerdem wird ab Januar 2003 ein Postdoktorand aus Vietnam ans MBI kommen und Fiebig bei den weiteren Forschungen unterstützen. **Bettina Micka**

Kontakt: Dr. Manfred Fiebig, Tel.: 030 6392-1404; e-mail: fiebig@mbi-berlin.de

Das „Kilogramm“ soll neu definiert werden

Mit einer außergewöhnlichen Aufgabe sieht sich Kristallphysiker Helge Riemann aus dem IKZ konfrontiert



Fotos: Volkmar Otto

Dr. Helge Riemann präsentiert einen Siliziumkristall.

Welche Masse verkörpert ein „Kilogramm“? Die Frage scheint überflüssig, seit die Maßeinheit vor über 200 Jahren definiert und durch einen Platin-Iridium-Zylinder festgeschrieben wurde. Dieses Ur-Kilogramm wird im französischen Sèvres nahe Paris aufbewahrt. Kopien des Prototyps befinden sich in verschiedenen Ländern, so kann die Maßeinheit Kilogramm durch Wägung und Vergleich jederzeit an jedem Ort der Welt ziemlich genau reproduziert werden. Doch bei Vergleichsmessungen ergaben sich Differenzen, die besagen: das Kilogramm ist nicht konstant – es zeigen sich Veränderungen am Vergleichsnormale. Zwar ist die Abweichung von 10^{-7} so minimal, dass sie im Alltag, sei es auf der Personenwaage oder beim Abwiegen von Strauchtomaten, nicht ins Gewicht fällt. Anders aus Sicht der Grundlagenfor-

schung. Dort ist eine Genauigkeit bis auf ein Zehnmillionstel nicht genau genug. Man brauchte schon mehr als 7 Stellen hinterm Komma, um Abweichungen von Naturkonstanten nachzuweisen und zum Beispiel kosmische Masseverteilungen zu berechnen. Ein sehr geringer Messfehler würde sich hier ins Unermessliche potenzieren und letztlich ganze Theorien auf den Kopf stellen.

Der Ansatz

Das Problem des schwankenden Kilogramms besteht darin, dass es bisher nicht – wie andere Maßeinheiten – von unveränderlichen natürlichen Einheiten abgeleitet wird. So beträgt die Maßeinheit Sekunde 9 192 631 770 Schwingungsperioden, die dem Übergang zwischen den Hyperfein-niveaus des Cäsiumatoms ^{133}Cs entsprechen. Und die Maßeinheit Meter ist darauf

aufbauend als die Strecke definiert, die das Licht im Vakuum in $1/299729458$ Sekunden zurücklegt.

Ein internationales Projekt hat es sich nun zur Aufgabe gemacht, die Maßeinheit Kilogramm von ihrem Platin-Iridium-Thron auf ein neues Fundament zu stellen – auf Silizium. Genauer: Das Kilogramm soll durch exakt die Anzahl von Atomen definiert werden, die in einer entsprechenden Kristallkugel aus Silizium enthalten sind. Warum Silizium? „Weil es sich als einziges Material ausreichend rein, strukturperfekt und langzeitstabil herstellen lässt“, erläutert Helge Riemann, ein international anerkannter Siliziumexperte aus dem Institut für Kristallzüchtung (IKZ). Sein Institut ist es auch, das im Rahmen des arbeitsteilig geführten Projekts die Aufgabe erhalten hat, eben den „perfekten“ Siliziumeinkristall für jene Kristallkugel zu ziehen, die

das neue Kilogramm dann repräsentiert. Riemann, der sich seit 25 Jahren mit Silizium beschäftigt, wobei er dem traditionellen Halbleiternaterial schon so manche Laune ausgetrieben hat, spricht von einer außergewöhnlichen Aufgabe. Zwar kann er in seinem Berlin-Adlershofer Labor Silizium inzwischen reiner als andere kristalline Stoffe erzeugen, doch für das Kilogramm-Projekt „müssen wir uns einen ganz neuen technologischen Ansatz ausdenken“. Schon deshalb, weil hier extrem wenig des sehr teuren Ausgangsmaterials zur Verfügung steht, bei dem es praktisch keinen Abfall geben darf.

Der Haken

Doch ehe er die Tücken des Objekts schildert, muss er erklären, wie man überhaupt die Anzahl der Atome ermitteln will, die exakt ein Kilogramm Silizium ausmachen „Natürlich kann man diese Atome nicht wirklich zählen“, sagt Riemann. „Selbst wenn man in der Sekunde auf eine Million käme, benötigte man Milliarden Jahre, um ein Kilogramm auszuzählen, ähnlich der Zeit, die seit der Entstehung des Lebens vergangen ist.“

Wo ist der Ausweg? In der Avogadro-Zahl, einer für dieses Problem geeigneten Naturkonstante. Benannt nach dem italienischen Physiker Amedeo Avogadro (1776-1856), gibt sie an, welche Anzahl von Atomen in einem Mol eines bestimmten Elements enthalten ist. Deshalb lässt sich, was man wiegen kann, auch als Anzahl von Atomen angeben – gute Voraussetzungen für die Neudefinition, falls man in der Lage ist, die Anzahl der Atome eines Kilogramms Silizium mit einer Genauigkeit von 10^{-8} anzugeben. (Für die Gestalt der Kugel erreicht man diese Präzision schon). Der Haken bei Si ist nur: Silizium ist nicht gleich Silizium, genauer: seine Atomgewichte sind verschieden. Das Element tritt immer als Gemisch von 3 Atomarten (sprich: Isotopen) mit den relativen Atomgewichten 28, 29 und 30 auf. Dominant ist mit rund 92 Prozent der Anteil von ^{28}Si . Die Crux ist ferner: Auch dieses Mischungsverhältnis ist nicht konstant. Man weiß gegenwärtig noch

nicht, ob die Auszählung der verschiedenen Isotope durch Massenspektrometrie genau genug wird. Deshalb soll die künftige Kilogramm-Kristallkugel auch nur aus ^{28}Si -Atomen bestehen; der kleine Rest von ^{29}Si und ^{30}Si muss entfernt werden. Die Isotopentrennung (verantwortlich Russland) ist schwierig, „einer der Gründe, warum isotopengereinigtes Silizium extrem teuer ist“, sagt Riemann. Er hat bisher nur eine kleine Menge von rund 200 Gramm für vorbereitende Experimente zur Verfügung. Der damit zu gewinnende Kristall würde erst 60 oder 70 Gramm Ausbeute jener Qualität bringen, die für die ganze Kugel notwendig ist. „Außerdem“, fügt der Physiker hinzu, „erhalten wir das isotoopenreine Silizium chemisch nicht so rein wie unser Halbleitersilizium, da müssen wir noch geeignete Reinigungsprozeduren einbauen.“

Ein erstes Ergebnis

Die allerersten Ergebnisse deuten sich an. In der letzten Oktoberwoche lief im IKZ ein erneuter Versuch, bei dem die Kristallzüchter damit zu kämpfen hatten, das Material durch verschiedene Segregationsvorgän-

ge, durch Umschmelzen usw. physikalisch weiter von Fremdelementen zu reinigen. Helge Riemann will so den ersten Zonenfloating-Kristall ziehen, der die Reinheit für das Kilogramm-Normal erreicht (weniger als 10^{15} Fremdatome pro cm^3). Es ist inzwischen der 17. Versuch in einer Kette von Versuchen, „die uns hier und da schon mal in eine Physik jenseits der Lehrbücher führen“, sagt Riemann. Er schließt nicht aus, dass es noch Jahre dauern könne, ehe die beteiligten Länder – neben der EU u.a. USA, Russland, Japan, Australien – das neue Kilogramm in der Hand haben.

Das Projekt wird in Deutschland von der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt (PTB) Braunschweig geführt.

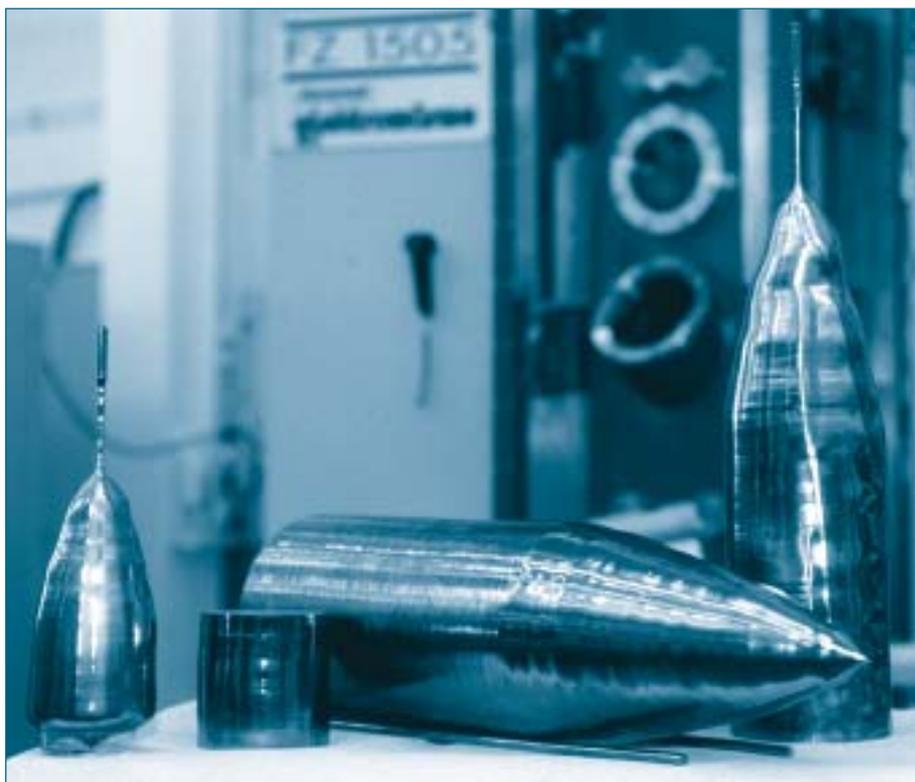
Joachim Mörke

Ansprechpartner: Dr. Helge Riemann

Tel.: 030 6392 3010

e-mail: Riemann@ikz-berlin.de

Siliziumkristalle können die Adlershofer Kristallschmiede reiner erzeugen, als sie in der Natur vorkommen.



Zusammensetzung der neu gewählten Betriebsräte im Forschungsverbund Berlin e.V.

FBH

Ralf Staske (Vorsitzender und GBR-Mitglied)
 Dr. Andreas Klehr (Stv. Vorsitzender und GBR-Mitglied)
 Manuela Münzfeld
 Dr. Peter Wolter
 Steffen Schulz
 Dr. Wolfgang Pittroff
 Detlef Grimpe

FMP

Dr. Burkhard Wiesner (Vorsitzender)
 Heike Nikolenko (Stv. Vorsitzende)
 Jenny Eichhorst (GBR-Mitglied)
 Dr. Jens Furkert (GBR-Mitglied)
 Lieselotte Handel
 Dr. Björn Maul
 Dr. Peter Pohl

IGB

Dr. Christof Engelhardt (Vorsitzender)
 Dr. Elke Zwirnmann (Stv. Vorsitzende und GBR-Mitglied)
 Dr. Peter Casper
 Johanna Dalchow
 Angela Krüger
 Mathias Kunow (GBR-Mitglied)
 Dr. Georg Staaks

IKZ

Dr. Anke Lüdge (Vorsitzende)
 Bernd Spotowitz
 Mario Ziem
 Dr. Peter-Michael Wilde (GBR-Mitglied)
 Dr. Christiane Frank-Rotsch

IZW

Dr. Jürgen Priemer (Vorsitzender und GBR-Mitglied)
 Gabriele Liebich (Stv. Vorsitzende)
 Jennifer Ringleb
 Dagmar Viertel
 Dr. Martin Dehnhard

MBI

Ralph Ewers (Vorsitzender und GBR-Mitglied)
 Hans-Gerd Ludewig (Stv. Vorsitzender)
 Marion Kurpiers (GBR-Mitglied)
 Wolfgang Goleschny
 Gabriele Mügge
 Prof. Dr. Klaus Reimann
 Gerd Kommol

PDI

Sabine Krauß (Vorsitzende und GBR-Mitglied)
 Lutz Schrottke (Stv. Vorsitzender)
 Falko Henschke
 Claudia Hermann

WIAS

Dr. Dietmar Horn (Vorsitzender)
 Dr. Joachim Rehberg (Stv. Vorsitzender und GBR-Mitglied)
 Frank Kloepfel
 Dr. Annegret Glitzky
 Dr. Peter Mathé

Gemeinsame Verwaltung

Martina Becker (Vorsitzende)
 Frau Weigel (Stv. Vorsitzende)
 Gerda Nielsen (GBR-Mitglied)
 Katrin Damrau
 Herr Schilling

Impressum

„Verbundjournal“ wird herausgegeben vom
 Forschungsverbund Berlin e.V.
 Rudower Chaussee 17
 D-12489 Berlin
 Tel.: 030/6392-3330, Telefax -3377
 Vorstandssprecher: Prof. Dr. Thomas Elsässer
 Geschäftsführer: Dr. Falk Fabich

Redaktion: Dr. Falk Fabich, Josef Zens
 Layout: UNICOM Werbeagentur GmbH
 Druck: Polyprint

„Verbundjournal“ erscheint aperiodisch und ist kostenlos

Nachdruck mit Quellenangabe gestattet
 Belegexemplar erbeten
 Redaktionsschluss dieser Ausgabe: Dezember 2002

Stellungnahme an die Tarifkommission

Berlin, den 02.07.02
 Sehr geehrte Damen und Herren!

Der Gesamtbetriebsrat des Forschungsverbundes Berlin e. V. mit über 1000 Mitarbeitern bedauert, daß nach fast 12 Jahren Wiedervereinigung und über 10 Jahren gemeinsamer Aufbauarbeit von Mitarbeitern und Doktoranden aus Ost und West ein Problem bis heute ungelöst geblieben ist: die ungleiche Bezahlung für gleiche (gleich gute und gleich qualifizierte) Arbeit nach Ost- und Westtarif – ein unmöglicher Zustand in einem Haus, in einer nicht mehr geteilten Hauptstadt Berlin!

Wir fordern erneut eine baldmögliche Be-seitigung dieser unverdienten Ungleichheit und hiermit die Tarifkommission auf, diesen Zustand in den Verhandlungen ausdrücklich zu thematisieren.

Dr. Jürgen Priemer,
Vorsitzender des Gesamtbetriebsrates des
Forschungsverbundes Berlin e. V

Herausgeber und Redaktion des Verbundjournals wünschen ihren Lesern sowie allen Mitgliedern, Mitarbeitern und Freunden des Forschungsverbundes Berlin e. V. ein angenehmes Weihnachtsfest und ein erfolgreiches Jahr 2003.



Gesamtbetriebsrat des Forschungsverbundes Berlin e. V.

Name	Institut	e-Mail	Telefon Berlin	Fax
Eichhorst, Jenny	FMP	eichhorst@fmp-berlin.de	94793-0	-109
Ewers, Ralph	MBI	ewers@mbi-berlin.de	6392-1345	-1359
Furkert, Jens (Stv. Vorsitzender)	FMP	furkert@fmp-berlin.de	94793-253	-109
Klehr, Andreas	FBH	klehr@fbh-berlin.de	6392-0	-2642
Krauß, Sabine	PDI	sabine@pdi-berlin.de	20377-258	-257
Kunow, Mathias	IGB		64181-701	-700
Kurpiers, Marion	MBI	kurpiers@mbi-berlin.de	6392-1516	-1359
Nielsen, Gerda	GV	nielsen@fv-berlin.de	6392-3369	-3377
Priemer, Jürgen (Vorsitzender)	IZW	priemer@izw-berlin.de	5168-402	5126104
Rehberg, Joachim	WIAS	rehberg@wias-berlin.de	20372-467	2044975
Staske, Ralf	FBH	staske@fbh-berlin.de	6392-2653	-2642
Wilde, Peter-Michael	IKZ	wilde@ikz-berlin.de	6392-3057	-3003
Zwirnmann, Elke	IGB	zwirnan@igb-berlin.de	64181-735	-682